

クーロンカウンターの製作

八幡, 佑貴 / YAHATA, Yuki

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

55

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

3

(発行年 / Year)

2014-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010330>

クーロンカウンターの製作

MANUFACTURE OF COULOMB COUNTER

八幡佑貴

Yuki YAHATA

指導教員 小林一行

法政大学大学院工学研究科システム工学専攻修士課程

In this paper, we describes the manufacture of coulomb counter. We employed operational amplifier and the 555 Timer IC. We attached the electronics to current sensing resistor, and measured the power consumption. In order to measure the power consumption of electrical appliances, we develop the coulomb counter.

Key word: operational amplifier, 555 Timer IC

1. はじめに

現在小型電子機器のデジタルカメラ、携帯電話などの多くの電化製品が電池の残量を表示する仕組みになっている。これまでに電流残量計といった残量を把握する装置が一般的であった。その一方で消費した電流の総量がわからないのが現状である。電流の総消費量を把握する装置（これをクーロンカウンターと呼ぶことにする）を製作できれば残量も把握でき、またエネルギーの観点から無駄な充電を防ぐことが可能となり電力の管理にもつながると考えた。そこで本研究ではオペアンプを使用したクーロンカウンターを製作し、消費した電流の総量を検出、有用性を検証することを目的とする。

2. 原理

抵抗器で電流値を検出する場合には、抵抗器に流れている電流を直接測定するのではなく抵抗器で発生する電圧降下を測定しその値を電流値に換算して検出する。実際に検出しているのは電流値でなく電圧値ということである。また電流を流したときの電圧降下を大きくすると抵抗器の消費電力が大きくなる。特に大電流を検出する場合には、抵抗器の消費電力が大きくなるため過大な発熱が問題となる。そのためできる限り小さな抵抗値を使用して検出するが電圧降下の値が小さい場合、反転増幅回路で検出電圧を増幅する。また電流値を限りなく積分することはできないので一定電圧まで積分する。任意の積分値に達したらコ

ンパレータで積分値をリセットする。一定の積分値に達した後、放電時間を555で制御する。これを一単位としてカウントし、この操作を繰り返すことで消費した電流の総量を求める。なお、消費した電流量は以下の式で求められる。反転増幅回路の増幅率を A とする。

$$V_b = \frac{1}{CR} \int V_a dt \quad (1)$$

$$V_b = \frac{1}{CR} \int AV dt \quad (2)$$

$$V_{ref} = \frac{A \cdot r}{CR} \int idt \quad (3)$$

$$\int idt = \frac{V_{ref} \cdot CR}{A \cdot r} \quad (4)$$

$$q = \frac{V_{ref} \cdot CR}{A \cdot r} \quad (5)$$

$$Q = q \times K \quad (6)$$

次の図は電圧の処理の流れを示すものである。

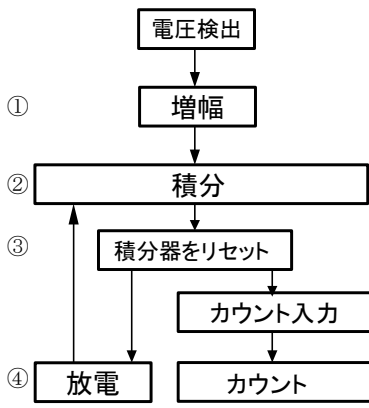


図1 測定の流れ

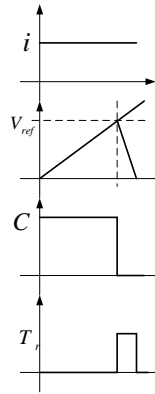


図2 各部の波形

3. 回路の構成

[1] 増幅器

ここで使用する抵抗は電流検出低抵抗である。この抵抗は非常に小さい抵抗値であり電圧降下で機器に影響を及ぼさないようになっている。また抵抗器に流れている電流は微弱なため反転増幅回路などで電圧を増幅する必要がある。また積分回路にはマイナス電圧を入力し積分波形を右上がりの傾きにしたいので電流検出低抵抗ではプラス電圧を取り出し反転増幅回路でその電圧の極性を反転させる。

[2] 積分器

増幅した電圧を積分することでそれまでに消費した電圧を求めることができる。しかしこのままでは数えにくいのである積分値に達したらコンパレータで電圧値をリセットする必要がある。

[3] コンパレータ

コンパレータの出力にプルアップ抵抗を付け波形を確実に出力できるようにした。この回路では積分値が $V_{ref} = 3.75$ と設定し、このとき積分電圧をリセットする。

[4] 放電回路

555 のワンショットタイマーで一発のパルスを送る。このパルスで放電回路の放電時間を制御する。なおパルスの幅は以下の式で求める。

$$T = 1.1CR \quad (7)$$

また $R=1k, C=1\mu$ であるので $T=1ms$ となる。この時間が放電時間となる。コンパレータの出力から発生するパルス波を t 、トランジスタのパルス波を Tr とする。本来なら $t < Tr$ の条件を満たすと $1ms$ のパルス波が出力される。しかし t がある程度大きいと Tr のパルス波もそれと同期してしまう。同期すると当然、放電時間も短くなってしまいますので Tr を確実に保障する機能を付け加えなければならない。この問題の解決策としてコンパレータの出力にハイパスフィルタを取り付けた。これはコンパレータのパルス波の極性を反転したパルス波を発生させ、同期する問題を防ぐものである。

[5] カウンター回路

コンパレータの出力にカウンター回路を取り付け、スイッチを入れたとき積分器をリセットしたと同時にカウント入力をカウンター回路に送り、カウントできるようにした。この回路は一単位 4 ビットであり 24 ビットのカウンター回路である。LED の点灯した数を 10 進数に直してカウントする。

このような構成で以下の回路を組み立て実験を行う。

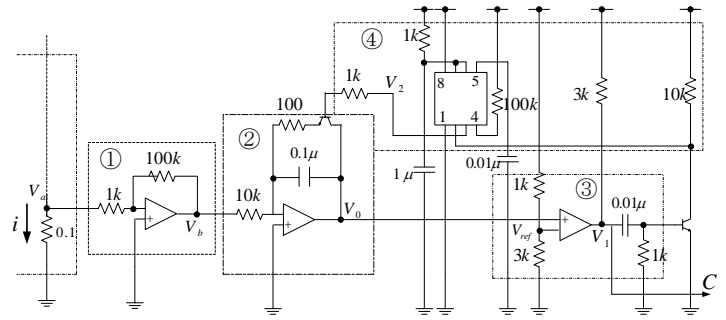


図3 クーロンカウンターの回路図

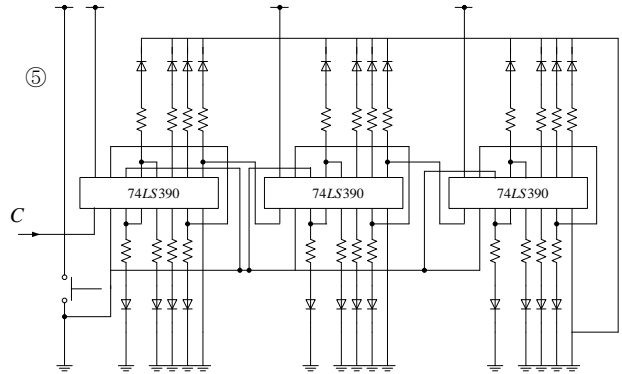


図4 カウンター回路

4. 実験

(1) 実験方法

この回路を用いて電流をどの程度取り出せるか実験によって検証する。電源 5v から 200Ω の抵抗で LED につなぎ一定電流を流し理論値と実験値を比較し検証する。

(2) 実験結果

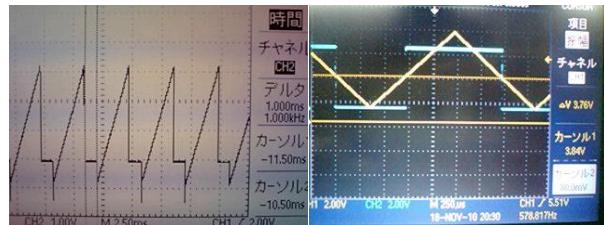


図5 2の出力波形

図6 3の出力波形

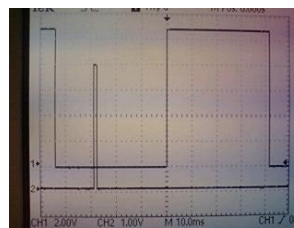


図7 4の出力波形

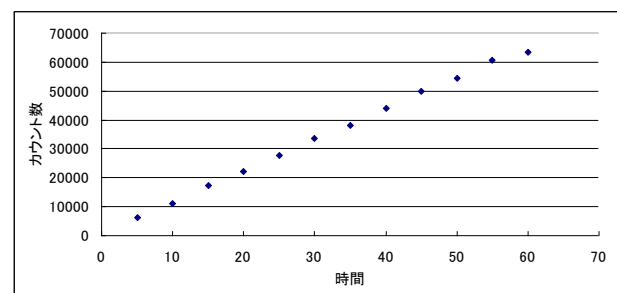


図8 5秒毎のカウント数

この回路の積分器の出力の最大値はコンパレータのリセット電圧と同じであることから $V_{max} = V_o = 3.75$ となる。

$V_a = 0.1 \cdot i$ 、増幅率 100 であり、電流検出低抵抗で検出する電流値を求める式は

$$3.75 = -\frac{1}{0.1\mu \cdot 10k} \int -100 \cdot 0.1 \cdot i dt$$

$$3.75 = 10^4 \cdot i \cdot t \text{ となる.}$$

また積分器の最大値に要する時間は $t = 8.0ms$ である。 $3.75 = 10^4 \cdot i \cdot 8.0m$ これを解くと

$$i = 0.046875$$

この電流値とカウント数を掛けた値が電流検出抵抗で消費した電流となる。

LED で消費した電流量は $i_o \times t$ と表すことができる。またクーロンカウンターの一単位までの電流を i とすると次の関係が成り立つ。

$$i_o \times t = i \times K$$

(K : カウント数)

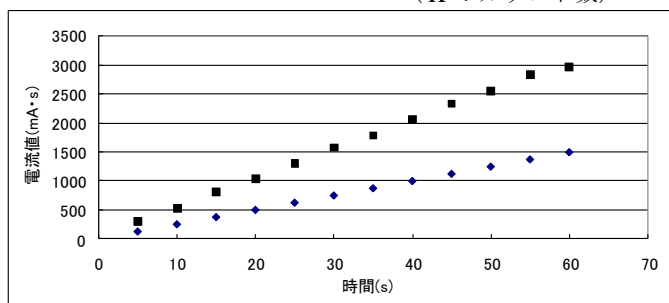


図9 理論値と実験値

表1 実験結果

理論値		実験値		誤差
秒(s)	電流値(mA·s)	カウント数	電流値(mA·s)	
5	125	6,365	298	1.39
10	250	11,258	528	1.11
15	375	17,174	805	1.15
20	500	22,202	1,041	1.08
25	625	27,641	1,296	1.07
30	750	33,664	1,578	1.10
35	875	38,021	1,782	1.04
40	1,000	44,015	2,063	1.06
45	1,125	49,756	2,332	1.07
50	1,250	54,462	2,553	1.04
55	1,375	60,561	2,839	1.06
60	1,500	63,369	2,970	0.98

5. 考察

図5から放電時間も微量の電流が流れているため放電時間を限りなく短い時間で放電させたがこの図では放電しないうちに次の電流量をカウントしているのでこれが誤差の原因となったと考えられる。これを解決する有効な手段が見つからなかった。また図8で秒数とカウント数が比例関係になっている。時間が経つにつれてカウント数が増加することからカウンター回路は問題なく動作しカウントできた。

6. 結論

本研究では以上のように消費した電流の総量を求めるクーロンカウンターを製作した。この試作機において、以上の結果から電流を検出できるが実用化までには至っていない。改善点としてこの回路に合ったオペアンプ、スイッ

チを使用し実験することが重要である。

7. 参考文献

- [1] トランジスタ技術 2003年3月号, CQ出版社
- [2] トランジスタ技術 2009年6月号, CQ出版社
- [3] トランジスタ技術 2010年8月号, CQ出版社
- [4] 岡村勉夫, 定本 OP アンプの回路設計, CQ出版社
- [5] 角田秀夫, 実用オペアンプ回路, 東京電機大学出版
- [6] 定本トランジスタ回路の設計, CQ出版社