



フルカラーLEDを用いた調光回路の設計

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2013-12-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 吉田, 大, 重井, 宣行, 白田, 昭司 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00007644

フルカラーLEDを用いた調光回路の設計

吉田大^{*}, 重井宣行^{**}, 臼田昭司^{***}

Design of Dimmer Circuit with Full Color LED

Dai YOSHIDA^{*}, Nobuyuki SHIGEI^{**} and Shouji USUDA^{***}

要 旨

LEDには赤色や緑色など単色のみ発光するものと、すべての色を発光するものがある。すべての色が発光可能なLEDのことをフルカラーLEDという。フルカラーLEDは1つの素子に赤色と緑色と青色のLED素子が封入されているため、任意の色を発光させることができる。そこで、ここではPWM制御を使用してフルカラーLEDの制御を行う回路を作製し、ポケットコンピュータから明度と色相が調整できるようにした。また、動作検証として光の三原色とその補色ならびに白色を発光させ、これらの測定結果をCIE色度図に表した。その結果、発光させたすべての色について、ほぼ正しい結果が得られた。なお、この回路は各色256段階で指定できるようになっており、約1600万色を発光させることができる。

Key Words: LED, フルカラーLED, PWM制御, CIE色度図

1. はじめに

現在、さまざまな場所で発光ダイオード(LED: Light Emitting Diode)が使用されるようになった。LEDは長寿命・低消費電力という特徴をもった発光素子であり、これまでも機械のパイロットランプや電光掲示板などに利用されてきたが、最近になり急激に応用範囲が広がっている[1,2]。これには、1993年に開発・量産された青色LEDに続いて、1995年に純緑色LEDが開発されたことにより、「光の3原色」を表現することができるようになったことと、高輝度化が推し進められたことが要因として考えられる。最近では1つのLEDに赤色と緑色と青色のLEDをパッケージしたフルカラーLEDや、超高輝度を実現するパワーLEDなども登場し、LEDの更なる普及が見込まれる[1]。とくに、フルカラーLEDの高輝度化がすすめば、スポットライトや店舗演出などに利用できる。

そこで本報では、PWM制御を用いてフルカラーLEDに任意の色を発光させる装置を作製した。また、作製した回路について、色の再現性を確認するための測定ならびに解析を行った。測定では、赤色(R)・緑色(G)・青色(B)・青緑色(C)・赤紫色(M)・黄色(Ye)・白色(W)(以下、色名はアルファベットで示す)を発光させ、これらの測定結果

をCIE色度図に表した。

2. 表色系

2.1 RGB表色系

RGB表色系は図1に示す加法混色を表現するために使われるものである。R・G・Bの色の強さを調節する事により、さまざまな色を表現する[3]。例えば、RとBを混色すると2色の交わる場所はMとなる。さらにそこへGを混色すると、3色の交わる場所はWとなる。

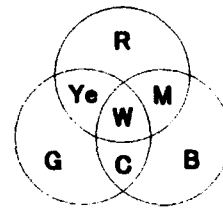


図1 加法混色

2.2 XYZ表色系

国際照明委員会(CIE)が1931年に標準的な等色関数を定めるといふ目的で、2度視野による等色実験に基づいて作った表色系である。ある単色光と等色するために必要な原刺激 $[X] \cdot [Y] \cdot [Z]$ と、これに対する2度視野等色関数をそれぞれ $\bar{x}(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda)$ と定義する[4]。

図2に2度視野等色関数 $\bar{x}(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda)$ のグラフを示す。各等色関数から、ある色に含まれる三刺激値(X, Y, Z)を得ることができる。三刺激値は色との直接的な関連が分かり難いため、三刺激値(X, Y, Z)から色度座標(x, y, z)

2006年4月12日受理

* 2005年度電子情報工学科卒業生

(Graduation of Electrical Eng. and Computer Sci.)

** 総合工学システム学科 電子情報コース

(Dept. of Industrial Systems Eng. Electrical Eng. and Computer Sci. Course)

*** メカトロニクスコース (Mechatronics Course)

を求める式を1式に示す。

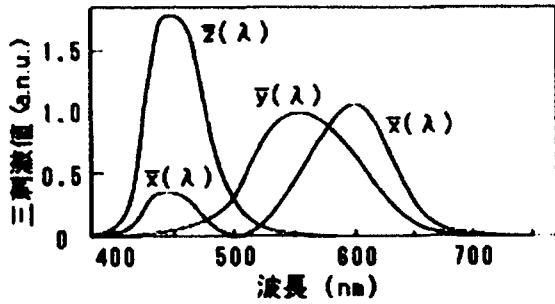


図2 XYZ表色系の等色関数

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{X}{X+Y+Z} \\
 y &= \frac{Y}{X+Y+Z} \\
 z &= \frac{Z}{X+Y+Z} \\
 x+y+z &= 1
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

XYZ表色系では、1式で得たx,yと、色の明るさを表す三刺激値Yによって色を区別する。このうちx,yを平面上に示すと、図3のCIE色度図が得られる。

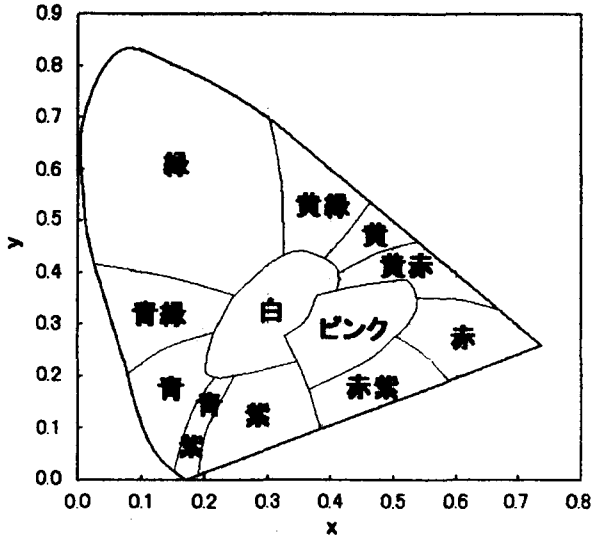


図3 CIE色度図

3. ソフトウェア設計

ここではポケットコンピュータから正常に制御できているかを確認するためのプログラム(以下、動作確認プログラム)と、実験で使用する R・G・B・C・M・Ye・W の基本7色のみを出力するプログラム(以下、制御プログラム)の2つを作成した。色の情報はRGB表色系を用いて表す。

3.1 ポケットコンピュータ

人間と回路とのインタフェースとして、SHARP社製PC-G850Sというポケットコンピュータ(以下、ポケコン)を使用した。このポケコンはBASICやC言語、Z80アセンブラ等のプログラミング言語が使用できる。また、外部機器や回路を接続するための端子(システムバスと11pin I/F)を持つ。そこで、ポケコン上でC言語を用いて制御プログラムを作成し、システムバスを用いてフルカラーLEDの制御を行った。

3.2 プログラム

図4に動作確認プログラムのフローチャートを示す。動作確認プログラムでは図1に示す加法混色について、R, Ye, G, C, B, Mの順に色を連続的に変化させ、その時の色を表すRGB値をシステムバスへ出力するようにした。

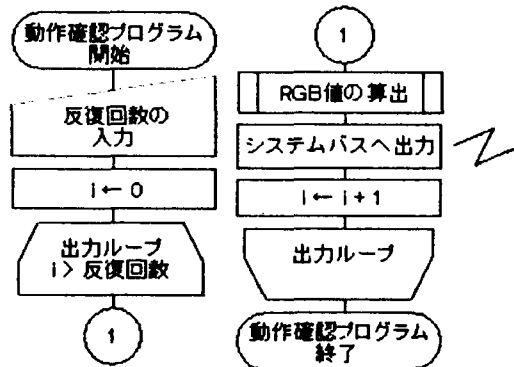


図4 動作確認プログラムのフローチャート

図5に制御プログラムのフローチャートを示す。制御プログラムではユーザインタフェースに色を選ぶメニューを用意し、入力値によって指定された色のRGB値をシステムバスへ出力するようにした。

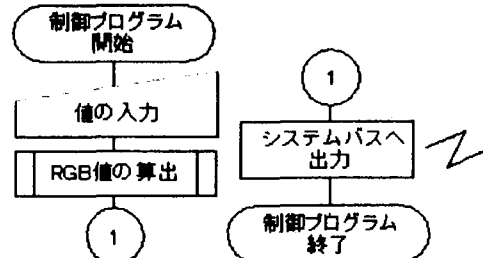


図5 制御プログラムのフローチャート

4. ハードウェア設計

4.1 インタフェース回路

インタフェース回路では、ポケコンのシステムバスから出力されるデータの管理を行った。

図6はインタフェース回路のブロック図である。出力はすべて8bitのデータで、R値とG値とB値は各色の

発光量を、発光域信号はLEDの発光個数を制御するための信号である。この回路は、アドレスデコード部とラッチ部から構成される。アドレスデコード部はシステムバスのアドレスバスと信号線 $\overline{WR} \cdot \overline{IORQ}$ の値からラッチ信号を生成するものである。

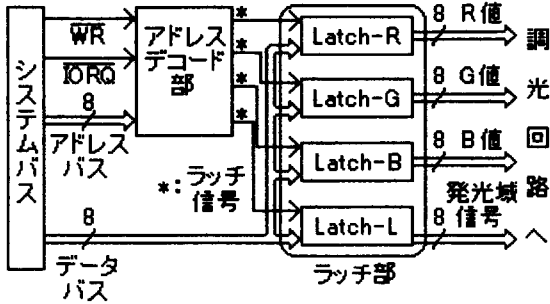


図6 インタフェース回路のブロック図

システムバスが出力する値は一過性のものであるため、何らかの方法で値を保持しておかなければならない。この回路ではラッチ部で値の保持を行った。

4.2 フルカラーLED調光回路

フルカラーLED調光回路では、インタフェース回路の出力からフルカラーLEDの制御信号を生成した。

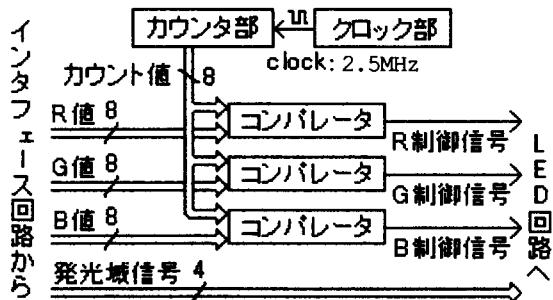
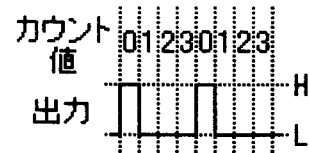


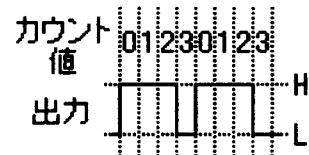
図7 フルカラーLED調光回路のブロック図

図7はフルカラーLED調光回路のブロック図である。この回路はクロック部とカウンタ部、コンパレータ部の3つで構成される。発光色の制御には、PWM(Pulse Width Modulation:パルス幅変調)信号を使用した。クロック部から出力されるクロックをカウンタ部でカウントし、カウント値とインタフェース回路から送られたデータ値(R値とG値とB値)を逐次コンパレータ部で比較した。

図8はコンパレータ部の出力波形の様子を簡略化して示したものである。(a)はデータ値が1の時の出力波形、(b)はデータ値が3の時の出力波形である。コンパレータ部はカウント値がデータ値より小さい間、Hレベルの信号を出力する。データ値を変えることによりHレベル信号の出力時間の長さを調整することができる。



(a)データ値=1



(b)データ値=3

図8 コンパレータ部の処理

このようにして生成されたPWM信号(R制御信号とG制御信号、B制御信号)をLED回路へ送り、制御した。

4.3 LED回路

LED回路では、フルカラーLED調光回路から送られた発光色と発光域の制御信号に基づいてスイッチング制御を行い、フルカラーLEDを発光させた。フルカラーLEDは日亜化学工業のNSTM515ASを使用した。

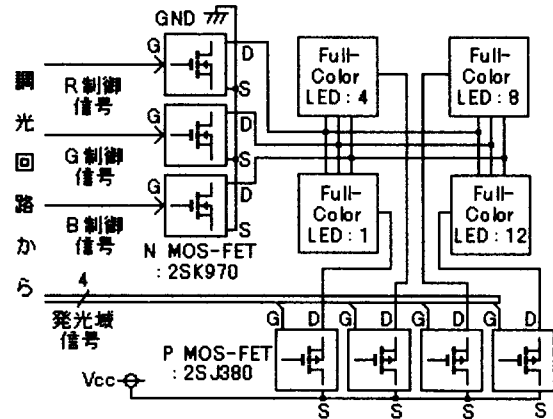


図9 LED回路のブロック図

図9はLED回路のブロック図である。フルカラーLEDの発光色の制御は、フルカラーLED調光回路で生成されたPWM信号(R制御信号とG制御信号、B制御信号)によるスイッチング制御を用いた。

フルカラーLEDは4重の円形上に並べられており、小さい円から順に1個、4個、8個、12個のフルカラーLEDで構成されている。発光域信号により個々の円のON・OFFを制御し、光量の調節を行った。

発光色と発光域のスイッチング制御にはPower MOS-FETを使用した。バイポーラトランジスタが電流駆動型素子であるのに対してMOS-FETは電圧駆動型素子であり、制御に電流を殆ど必要としないため、スイッチング制御自体での電力消費を抑えることができる。

5. 測定装置と測定結果

今回製作した装置の外観を図 10 に示す。左側からポケットコンピュータ、インターフェース回路、フルカラー LED 調光回路、LED 回路の順に並んでいる。

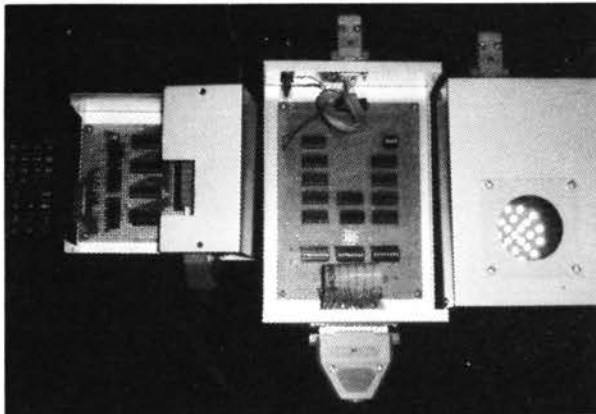


図 10 製作した装置

これらのハードウェア機器を図 11 のように接続し、フルカラーLED が設定した値に沿った色を発光しているかどうかを確認する。ただし、LED 回路は治具サイズの制約上、1 個のフルカラーLED で代用する事とし、発光時の明度は最大にして測定した。測定装置は光ファイバと光スペクトルアナライザ(以下、光解析装置)からなり、光ファイバを通して光解析装置へ取り込まれる。光解析装置にはアンリツ社製の MS9030A(Display Unit)と MS9702A(Optical Unit)を使用した。

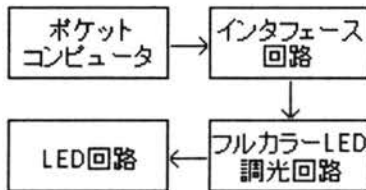


図 11 実験装置の構成

図 12 は測定結果を CIE 色度図に表したものである。図 3 の CIE 色度図と比較すると、7 色(R・G・B・C・M・Ye・W)のうち 4 色(R・G・C・W)はほぼ同じ範囲にあり、これらの色は正しく再現できていると言える。つぎに、本来の位置からずれている残りの 3 色(B・M・Ye)について述べる。B の場合、紫色の成分が含まれていたことにより、青紫色になっている。実際、光解析装置で分光分布を観測したとき、400nm 近傍のスペクトル成分を含んでいた。この波長域は紫色であり、このことが原因として考えられる。M と Ye についても B と同様に 400nm 近傍のスペクトル成分による影響が考えられ、M は紫色に、Ye は白色になった。

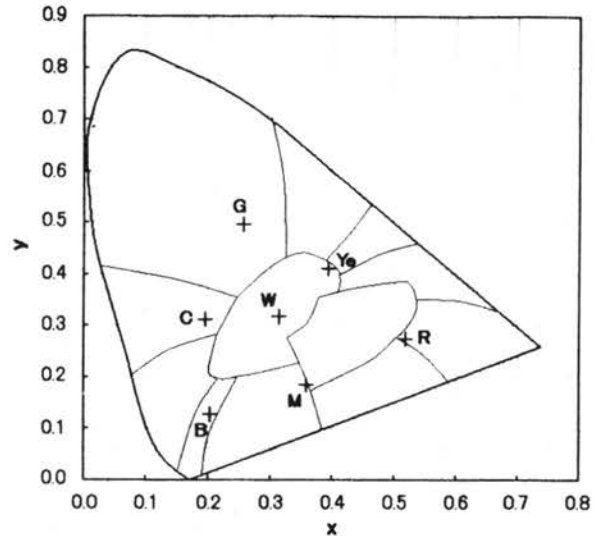


図 12 測定結果

6. むすび

本報ではフルカラーLED と PWM 制御を使って、任意の色を発光させる装置を作成し、光の三原色とその補色ならびに白色を発光させて動作確認を行った。目視の場合、7 色とも指定通り発光されていることが確認できた。一方、光スペクトルアナライザを使って測定した場合、赤と緑、青緑、白の 4 色は等色できていた。しかし、青と赤紫、黄の 3 色は等色できなかった。その原因として、紫色が含まれていたことが分かった。

謝辞

本報は平成 17 年度卒業研究論文をまとめた。卒業論文の作成にあたり、論文副査としてさまざまな御指導ならびに助言をしていただいた本校総合工学システム学科電子情報コース窪田哲也助教授に感謝いたします。また、光学全般について、日頃から適切な助言をしていただいている本校総合工学システム学科機械システムコース當村一朗教授に感謝申し上げます。

参考文献

[1] 塚本勝孝, 延原高志: “高輝度/ハイ・パワーLED 活用のすすめ”, トランジスタ技術 Vol.43 No.2, pp.116-119, 2006 年 2 月
 [2] 安川雅子: “LED 活用のための基礎知識”, トランジスタ技術 Vol.43 No.2, p.124, 2006 年 2 月
 [3] (社)照明学会編: 光をはかる, pp.122-124, 日本理工出版会, 1996 年
 [4] 太田登: 色彩工学, p.63-73, 東京電機大学出版局, 1993 年