

サウンドイルミネーションの開発

Development of Sound Illumination

川 守 田 聡 *1

KAWAMORITA Satoshi

要 約 専門課程で習得する電子回路はそれぞれの回路を分離して学習するため、その回路をどのように使用するかイメージを掴むことが難しい。そこで、学びやすい応用としてオーディオ機器の製作を題材とした。CDなどの音信号を5つの周波数信号に分離し、それぞれの周波数信号に対応するLEDが点灯するサウンドイルミネーションの開発を行った。音と光がコラボレーションするこの機器の開発を通して、トランジスタ回路やオペアンプ回路の設計法を学び、アナログ電子回路に対する興味・関心を強く持たせる良い教材の一例を報告する。

1 はじめに

メインアンプやプリメインアンプ、チューナーなどのオーディオ機器を製作することは、電子回路の基本知識を応用して設計・製作することができる。そのため、電子回路を深く学び、理解するには最も適した教材である。特に動作させて、動く・光る・音が鳴るといった動きがあると、完成させたときの驚き、喜びは格別なものがある。

トランジスタやオペアンプを利用したサウンドイルミネーションの製作では、①トランジスタの基本回路、②アクティブフィルタ回路、③整流回路 の項目の知識が必要である。

①のトランジスタの基本回路では、トランジスタをスイッチング回路として使用するため、その知識が必要である。②のアクティブフィルタ回路では、フィルタ回路の伝達関数を算出し、2次遅れ要素の伝達関数との係数比較により、定数を求める式を算出する。③整流回路では、交流電圧を直流電圧に変えるため、オペアンプを使用した理想化ダイオード回路の知識が必要である。

また、各種回路を動かすためには、電源回路が必要である。電源回路は①全波整流回路、②平滑回路、③直流安定化回路 の項目の知識が必要である。

回路を設計・製作するには、発振器・デジタルオシロスコープ・直流安定化電源・オーディオアナライザなどの計測器を使用するための技能・技術も必要である。これらの計測器の使用法を学びつつ、測定方法もあわせて学ばなければならない。

製作を通して、回路図の読み方を知り、その通りに配線することができるだけでなく、設計通りに動作しない場合の問題解決法を自然と学んでいくこともできる。

このように、オーディオ機器の製作は、アナログ電子回路技術、計測技術、はんだ付け技術、問題解決法など、専門課程で学ぶ電子回路の深い習得を促すための大変良い教材であるといえる。

専門課程2年間で学んだアナログ電子回路を復習し、深く理解し、その基礎知識を応用するための良い題材としてオーディオ機器の一つであるサウンドイルミネーションの開発を行った。

2 オーディオシステムの構成

図1にオーディオシステムの構成を示す。まず、CD、TUNER やレコードプレーヤなどの音源信号がプリアンプとサウンドイルミネーションに入力される。プリアンプでボリューム回路を通り音の増減を行い、さらにトーンコントロール回路を通して音質の調整を行う。サウンドイルミネーション回路を通った信号は、イルミネーションを点灯させる。プリアンプを通った出力信号はグラフィックイコライザを通り、7つの周波数成分を細かく音質調整する。グラフィックイコライザで細かく調整された音信号が、それぞれの周波数成分に対応するLEDアレイによって電圧レベルの大きさに対応したLED数を点灯させるピークレベル・インディケータを通る。その後、パワーアンプに接続され、電力増幅しスピーカに大電流を流し、音を鳴ら

*1 電気エネルギー制御科

Department of Electrical and Energy Control

す構成となっている。

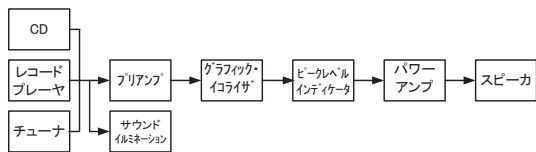


図1 オーディオシステムの構成

3 サウンドイルミネーションとは

製作するサウンドイルミネーションは、縦75センチ、横60センチのパネルにLEDを中心間隔2センチで配列させている。縦15センチ、横15センチで1セクションとし、1セクションに36個のLEDが配列している。CDなどの音声信号を5つのバンドパスフィルタで分離し、63Hzの信号成分は青色LEDが、160Hzの信号成分は緑色LEDが、400Hzの信号成分は黄色LEDが、1kHzの信号成分は白色LEDが、2.5kHzの信号成分は赤色LEDが点灯し、1セクションにある全てのLEDが点灯する。ただし、点灯する条件は各成分の信号電圧が1.0Vを超えたときである。

図2にイルミネーションの構成を示す。LEDへの電流・電圧の供給方法は、LED6個直列接続したものを6並列接続とした。LED6個直列接続した各1列に電流を20mA流す。6列並列接続したLEDには24Vの直流電圧を印加した。図3にLEDパネルの構成を示す。

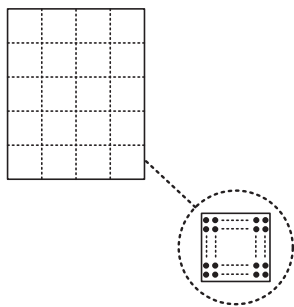


図2 イルミネーションの構成

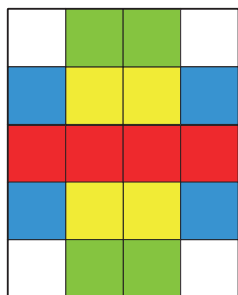


図3 LEDパネルの構成

4 帯域通過フィルタ回路

オペアンプを使用したアクティブフィルタにはいろいろな種類がある。表1に各種アクティブフィルタを示す。

表1 アクティブフィルタの種類

項目 回路方式	OPアンプ の数	RC素子数	素子の広 がり	製作できる Q	素子感度	高い 周波数
正帰還形	1	4	$4Q^2$	$Q < 20$	大	○
多重 帰還形	1	5	$9Q^2$	$Q < 10$	中	×
バイカッド 形	3	8	Q	$Q \leq 100$	小	×
ステート・ バリエブル 形	3	9	$3Q$ ($Q \gg 1$)	$Q \leq 100$	小	×

今回製作したアクティブフィルタである帯域通過フィルタは、部品点数や回路の単純化を考慮して多重帰還型を採用した。図4に多重帰還型帯域通過フィルタの回路図を示す。

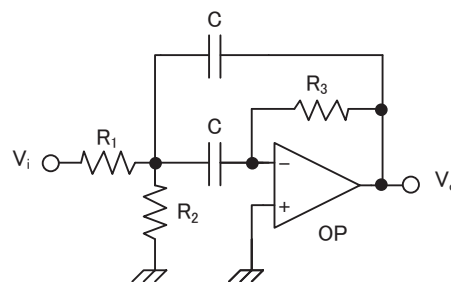


図4 多重帰還型帯域通過フィルタの回路図

設計仕様は中心周波数 $f_0 = 63\text{Hz}$ 、 160Hz 、 400Hz 、 1kHz 、 2.5kHz の5種類、中心周波数での利得 $A_0 = 2$ 倍、 $Q = 2$ 、 $C = 0.01\mu\text{F}$ とした。図5に中心周波数 160Hz の帯域通過フィルタ回路の周波数特性を示す。これより、中心周波数が 160Hz 、 $Q = 2$ となっていることがわかる。

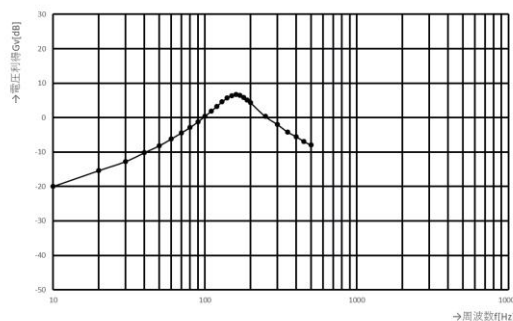


図5 製作した $f_0 = 160\text{Hz}$ のBPFの周波数特性

5 精密整流回路

帯域通過フィルタの出力信号は交流信号であるので、直流信号に変換する必要がある。交流信号を整流する場合、通常のダイオードを用いた整流方式では素子の順方向電圧降下のため整流電圧波形が歪んだり、入力信号が非常に小さい場合には出力電圧が得られないという欠点がある。精密整流回路はオペアンプを用いて理想的なダイオードを実現し、歪みなどが生じない全波整流回路である。精密整流回路で全波整流した波形を平滑コンデンサで直流に変換している。

図6に製作した精密整流回路の回路図を示す。

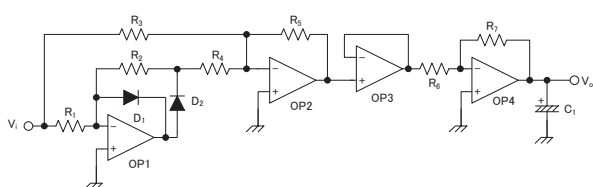


図6 精密整流回路の回路図

6 LED点灯回路

図7にLED点灯回路の回路図を示す。この回路は精密整流回路の出力電圧を電圧ホロワ回路に入力し、電圧ホロワ回路の出力電圧を抵抗R6、R7で分圧し、抵抗R7の両端の電圧が1Vを超えたとき、LEDに電流が流れ、LEDが点灯する回路である。ダイオードは6個直列接続が6並列あり1セクションとなり、これが4セクションあることになる。1色のLEDアレイに点灯回路は1個対応していて、5色あるので、この点灯回路が5式あることになる。

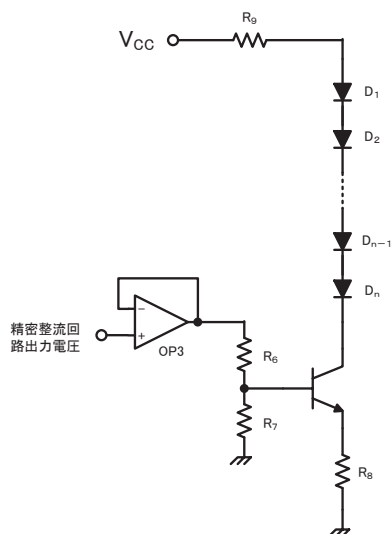
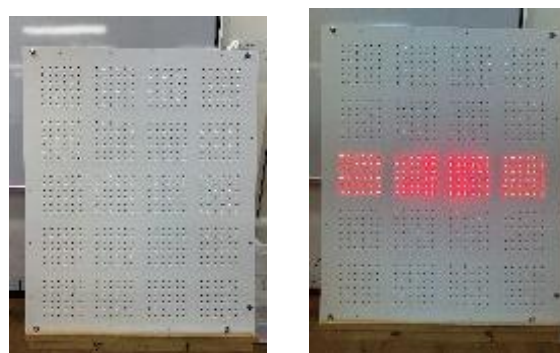


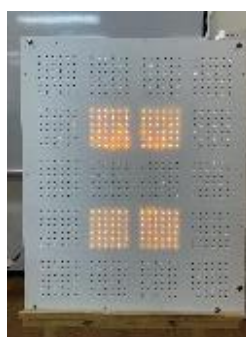
図7 LED点灯回路の回路図

図8にLEDパネルの点灯状態を示す。



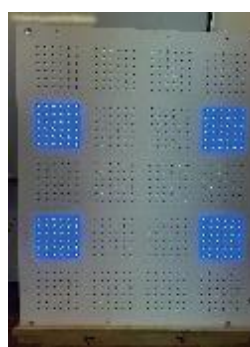
(a) 無点灯

(b) 赤点灯



(c) 黄点灯

(d) 緑点灯



(e) 白点灯

(f) 青点灯

図8 各種LEDの点灯状態

7 電源回路

7.1 整流回路・平滑回路

図9にLED点灯回路用整流回路・平滑回路の回路図を示す。AC100VをトランスでAC28Vに降圧し、ダイオードブリッジで全波整流し、平滑コンデンサでDC+28Vに変換する。

図10に帯域通過フィルタ回路・精密整流回路の整流回路・平滑回路を示す。AC100Vをトランスで

AC25Vに降圧し、ダイオードブリッジで全波整流し、平滑コンデンサでDC±25Vに変換する。

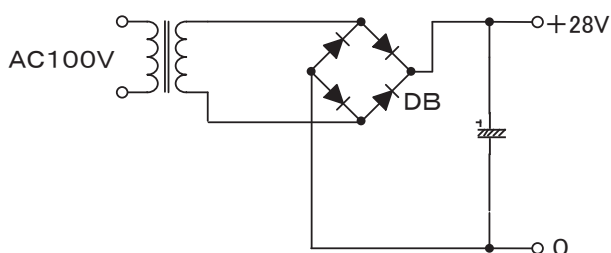


図9 LED点灯回路用整流回路・平滑回路の回路図

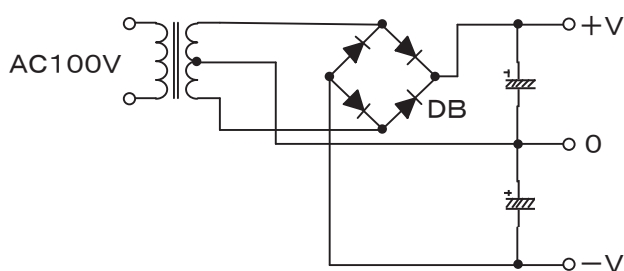


図10 帯域通過フィルタ回路・精密整流回路用整流回路・平滑回路の回路図

7.2 直流安定化回路

直流安定化回路は帰還増幅形定電圧回路を使用している。図11にLED点灯回路用直流安定化回路図を示す。この回路では図9の整流回路・平滑回路の出力電圧+28Vを+24Vの直流電圧に変換させる。

図12に帯域通過フィルタ回路・精密整流回路用直流安定化回路図を示す。この回路では図10の整流回路・平滑回路の出力電圧±28Vを±12Vの直流電圧に変換させる。

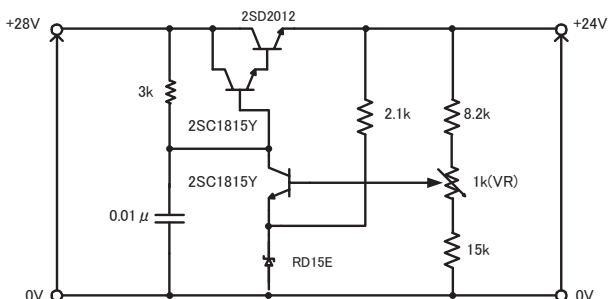


図11 LED点灯回路用直流安定化回路の回路図

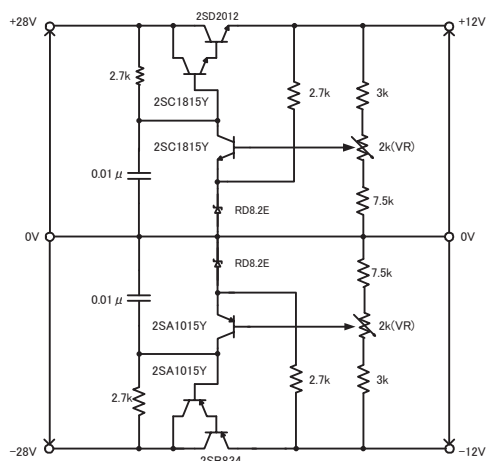


図12 帯域通過フィルタ回路・精密整流回路用直流安定化回路の回路図

8 製作したサウンドイルミネーション

図13に製作したLEDパネルの外観、図14に帯域通過フィルタ回路、精密整流回路、LED点灯回路、電源回路などの各種回路を梱包した筐体の前面と背面の外観を示す。



図13 製作したLEDパネルの外観



(a)前面 (b)背面

図14 製作した制御回路が入った筐体の外観

9 おわりに

本製作において、アナログ電子回路を学習するための教材の開発ができた。

参考文献

- 1) 今田悟・深谷武彦共著, 実用アナログ・フィルタ設計法, CQ出版社 (2015年2月)