

課題情報シート

テーマ名 :	LED 街路灯の設計・製作				
担当指導員名 :	宇都 剛	実施年度 :	26 年度		
施設名 :	九州職業能力開発大学校 附属 川内職業能力開発短期大学校				
課程名 :	専門課程	訓練科名 :	電気エネルギー制御科		
課題の区分 :	総合制作実習課題	学生数 :	2人	時間 :	16 単位 (288h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

LED 街路灯は太陽光パネル、バッテリー、LED 照明、充電回路、LED ドライブ回路から構成されています。太陽光パネル、バッテリー、LED 照明については、各々の特性を理解することが重要となることから、各種の実験を行う必要があります。これにより各機器を選定することが可能となります。また充電回路、LED ドライブ回路は、各回路の動作原理や使用するデバイスの特性を理解することで、設計が可能となります。更に製作に当たっては、電子回路 CAD の使用方法や放熱設計等の様々なパワーエレクトロニクス技術が必要となります。最終的に各機器・回路を組み合わせたシステムを動作させるのにマイクロコンピュータを使用するため、プログラミング技術も必要となります。

【参考文献】太陽電池活用の基礎と応用 CQ 出版

トランジスタ技術 2005 年 9 月号 CQ 出版

【学生数の内訳】全要素：2 名

【訓練（指導）のポイント】

自然エネルギーとして利用する太陽電池の特性実験を行い、I-V 特性および P-V 特性を理解させることで、設計時に必要な知識を身に付けさせます。次に LED 照明の仕様を決定するため、街路灯設置基準を調べさせることで、必要な照度等を確認させ設計・製作に当たさせます。回路の設計においては、動作原理を理解させると共に使用するデバイスの特性を理解させることに加え、製作においては、電子回路 CAD を使用させプリント基板を作らせます。最後に LED 街路灯を動作させるためのマイクロコンピュータのプログラミング技術を理解させます。

様々な技術要素を含んだシステムを完成させるためには、学生に興味を持たせることが重要となることから、まずは簡単なことから理解させることを心掛けました。学生は理解が進むにつれ主体的に開発に携わるようになってきます。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 九州職業能力開発大学校附属川内職業能力開発短期大学校
住所 : 〒895-0211 鹿児島県薩摩川内市高城町 2526
電話番号 : 0996-22-2121 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/kagoshima/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

LED 街路灯の設計・製作

川内職業能力開発短期大学校 電気エネルギー制御科

1. はじめに

近年新エネルギーとして注目されている太陽光発電とこれまで電気エネルギー制御科で学んできた技術を活用できる製作物を模索していたところ、薩摩川内市で街路灯を作る計画を知った。太陽光パネルからバッテリーへの充電回路、バッテリーからの LED 照明へのドライブ回路等、十分に学んできたことを活かせると思い、このテーマを選定した。最終的には校内に設置することを目標にしている。

2. 設計及び部品選定

使用する LED、バッテリー、太陽光パネルを選定した。選定したものと仕様を表 1 に示す。

● LED 照明

5m 離れた場所から顔が認識できる程度の明るさ(20 ルクス程度)を基準として LED 照明の構成・選定を行った。LED 照明器具を購入してもよいがここでは、配置等を自由に決めることができるように表面実装 LED を選定した。この LED の配置を 3 直列 4 並列にすることで、1 つの直列回路で $8.85(2.95 \times 3)V$ 、 $350mA$ 、回路全体では $8.85V$ 、 $1.4(0.35 \times 4)A$ 、 $12.4(8.85 \times 1.4)W$ となる。3 直列にしたのは 4 直列にすると電圧が $11.8V$ になりバッテリーの放電終止電圧になる前に電圧が足りなくなるからである。

● バッテリー

照明を 1 日 12 時間点灯させ、無日照期間を 3 日に設定した。これより 1 日の消費電力が $12.4 \times 12=148.8Wh$ 、3 日間で $148.8 \times 3=446.4Wh$ となる。バッテリーは電流で容量が分けられている。電流で計算すると $446.4/12=37.2Ah$ となるが LED 照明が定格以下でも 20 ルクス程度は得られることを実験で確認したので $37.2Ah$ より容量が

少なくとも問題はない。

● パネル

バッテリー消費容量が 1 日で $148.8 Wh$ のため、これを 1 日で充電するのに必要なパネルの実質発電量はバッテリー消費容量/(充電日数×有効日射時間)の式から、 $148.8/(1 \times 3.3)=45.05Wh$ である。用意するパネルの出力は実質発電量/出力係数で求められ、 $45.05/0.85=53.04W$ である。

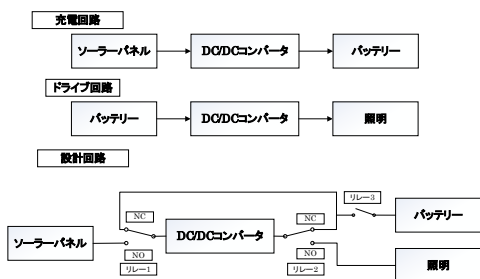
<表 1 材料の仕様>

名称	メーカー	定格、仕様など
表面実装LED	CREE社	$V_F=2.95[V]$, $I_F=350[mA]$
メンテナンスフリー バッテリー	LONG社	20時間率 32[Ah]
太陽光パネル	エイタイ(株)	出力 50[W]

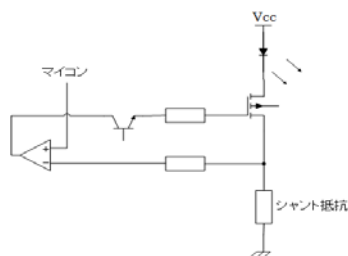
3. 装置概要

図 1 は LED 街路灯の構成図である。大きくは充電回路と LED ドライブ回路から成っている。今回は充電回路とドライブ回路に使用されている DC/DC コンバータを共通にしてリレーの ON/OFF により 2 つの回路を切り替えられるようにし回路の小型化を図る。

DC/DC コンバータ以外を使ったドライブ回路にはオペアンプを使った定電流回路(図 2)がある。この回路は LED 照明とシャント抵抗での電圧降下は一定なので残りの電圧はすべて MOS-FET にかかる。このことからバッテリーの電圧が最大充電電圧に近いほど MOS-FET にかかる電圧が増加し損失が大きくなる。 V_{CC} が $14V$ のときの効率を実験したところ定電流回路は約 85%で DC/DC コンバータを使った回路は約 90%であった。このことより効率が良い DC/DC コンバータの方を採用し回路設計を行った。



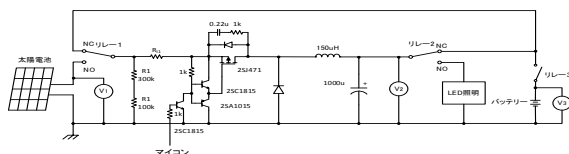
<図1 LED街路灯ブロック図>



<図2 オペアンプを用いた定電流回路>

4. 回路作成

バッテリーの最大充電電圧が約 14.2V に対し、太陽光パネルでの発電電圧は 20V を超える。そのため DC/DC コンバータを用いた降圧充電回路を設計した (図 3)。DC/DC コンバータはマイコンからのパルス信号で MOS-FET をスイッチングし、MOS-FET が ON したときにコイルで発生する逆起電力で降圧している。OFF したときはコイルが電流を流そうとするので電圧がほぼ一定に保たれる。動作としてはマイコンでデューティ比を変えることにより発電電圧を降圧させ、バッテリーの充電に適した電圧に変換する。同様にドライブ回路はデューティ比を変えて降圧と明るさを一定にする。リレーを使い回路を切り替えるので損失を小さくできる。すべてのリレーが OFF のときはパネルとバッテリーは回路から切り離されているので過充電、過放電を防げる。



<図3 充放電回路>

5. プログラム作成

リレーの ON/ OFF により充電と放電を切り替えるプログラムを作成する。

マイコンを使って PWM 制御と A/D 変換を行い、回路を制御する。A/D 変換はパネルの電圧 (V1)、降圧 DC/DC コンバータの出力電圧 (V2)、バッテリーの電圧 (V3) をマイコンに取り込み、その値をデジタルに変換する。変換した値は各電圧値を比較し表 2 の充電、放電、開放の内どの状態にするかの判断を行うのに使用する。パネル電圧がバッテリー電圧より高い時にはリレー1 とリレー3 を ON し充電を行う。その際にはデューティ比を調整しパネル電圧がバッテリー電圧より高くなり過ぎないようにする。また、パネル電圧値が 2~3V になったら夜モードと判断しバッテリー電圧が放電終止電圧 10.8V より高ければリレー2 とリレー3 を ON し放電を行う。ここでもデューティ比を変えて照明の定格電圧 8.85V を超えないように調整する。切り替えはうまくできているがパネルの代わりの直流安定化電源とバッテリーをつなぎリレーを動作させたところでマイコンの電源電圧が下がり A/D 変換の値がずれてしまう問題があり解決策を模索中である。

<表2 モード切り替え表>

MODE	リレー1	リレー2	リレー3
充電	NO側	NC側	閉
放電	NC側	NO側	閉
オフ	NC側	NC側	開

6. おわりに

設計した回路で充電と放電の切り替えができることを確認できた。しかし実験では設計した回路に安全のためダイオードを入れているので効率が少し悪くなっている。今はダイオードを取り外しても問題ないか検討中である。現状は電圧しか測定できていないので今後は電流も測定して制御できるようにし、LCD を使い発電状況の表示などできるようにしたい。

参考文献

トランジスタ技術 2005年9月号

チョップパ型スイッチングレギュレータを作る

課題実習「テーマ設定シート」

作成日：7月3日

科名：電気エネルギー制御科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		LED 街路灯の設計・製作	
担当教員		担当学生	
○電気エネルギー制御科 宇都 剛			
課題実習の技能・技術習得目標			
LED 街路灯の設計・製作を通して、太陽光パネルからバッテリーへの充電回路やLED ドライブ回路を製作することで、パワーエレクトロニクス技術の基礎から応用までを身に付けます。また学生同志のコミュニケーション力を高めることで製作物の完成へ向け、向上心や協調性を育むことを目標とします。その他、発表会や展示会でのプレゼンテーション技術の向上をも高めます。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
現在、産（薩摩川内市企業連携協議会）官（薩摩川内市）学（ポリテクカレッジ川内）にて太陽光発電を利用したLED街路灯を共同製作している。当科もバッテリーへの充電回路及びLED照明への電力供給回路の製作に携わっている。このテーマに学生が関わることで、これまで電気エネルギー制御科で学んだ技術を再確認すると共に、実際に製作することで更なる技術の習得が見込まれる。			
実習テーマの特徴・概要			
太陽光パネルで発電した電力を効率よくバッテリーへ充電する回路やLED照明への電力供給回路を製作するためにはパワーエレクトロニクス技術が必須である。バッテリーを使用することから効率を上げる必要があり、そのためには電力の監視・デバイスの使用法・熱対策など様々な技術が必要となる。また太陽光パネルで発電した電力を無駄なく使うためにはMPPT制御など必要な技術である。			
No	取組目標		
①	太陽光パネルの特性実験。		
②	MPPT制御回路の理解。		
③	DC/DCコンバータ回路の仕組み等の理解。		
④	LED照明の設計。		
⑤	コントローラの選定および開発環境の整備。プログラムの作成。		
⑥	デバイスの選定および各種電子回路素子の選定。		
⑦	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行う。		
⑧	発表会においては1年生にも分かりやすい説明を行う。		
⑨	実習の進捗状況や発生した問題等については、逐次グループメンバー及び担当教員へ報告・連絡・相談する。		