

兵庫県立大学 天文部

プラネタリウム

投影機電気系統について

製作：2010年8～10月

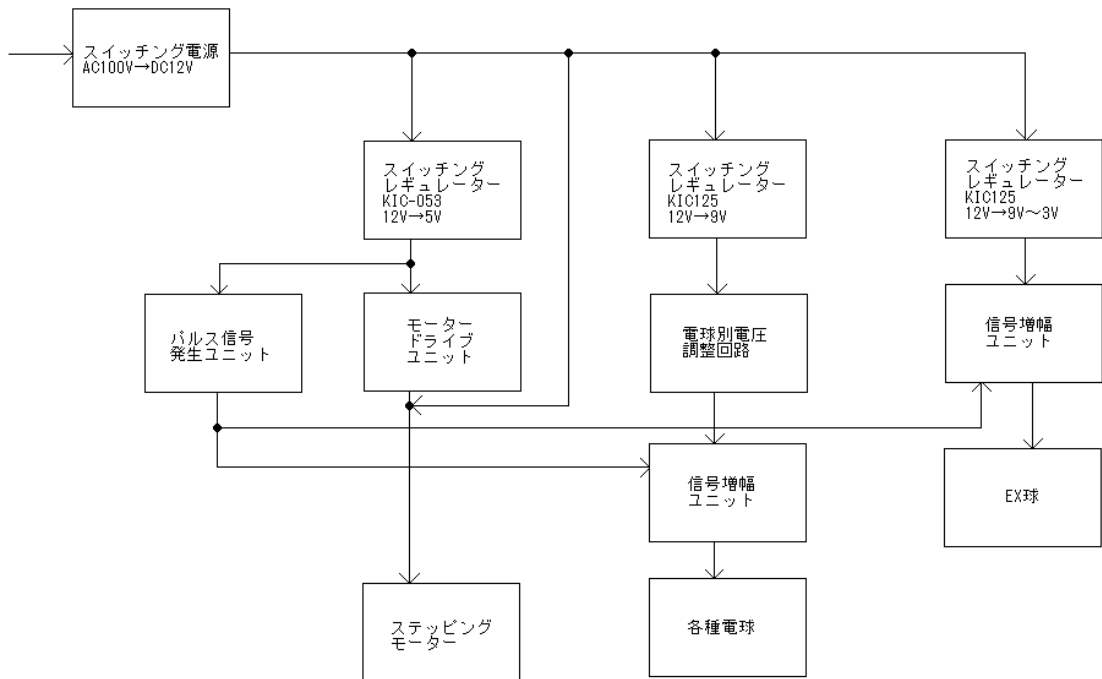
K.R.

2011/06/04

兵庫県立大学は2010年夏から新しくプラネタリウム用投影機を製作した。短期間で完成させ、本番で確実に動作することが最低限の目標である。最大の目標としては、構造を出来る限りシンプルにすることである。

1. 概要

プラネタリウム投影機を動かす電気回路はいくつかのユニットの集合からなっている。大きく分けると電源回路、電球別電源調整回路、信号増幅ユニット、モータードライブレユニット、パルス信号発生ユニットからなっている。投影機で使用するモーターはステッピングモーターである。このモーターは静音で低速時に高トルクを有している。まさにプラネタリウムの日周運動を行うために適したモーターである。このモーターを動かすにはモーターから延びている電線に順序良く電流を流さなければならない。そのため PMM8713PT というステッピングモーター駆動用 IC を用いた。ステッピングモーターはドライバ IC に送るパルス信号の周波数を変えることで自由に速度を変えられる。このことがステッピングモーターを使用する最大の決め手となった。また、今回の投影機の調光には PWM(Pulse Width Modulation)調光方式をとっている。数百 Hz でスイッチングを行い明るさ調整している。そのためにタイマー IC の 1 つである LMC555 を使用した。この LMC555 は抵抗値と静電容量値を変えることで自由にデューティ比変更が行える。人間の眼に点滅がわからないよう 100Hz 以上の周波数を用いている。電源はスイッチングレギュレーターと 3 端子レギュレーターを使用した。AC100V から DC12V に整流降圧するためにコーセル社製の LCA75S-12 というスイッチング電源を組み込み、12V から 9V まで KIC125 スwitchングレギュレーターを使う。9V から各種様々な電球に合わせた電圧に下げするために可変 3 端子レギュレーターを用いた。リモコン内の基盤やモータードライブ用 IC には 12V から 5V に降圧した電流を供給するので KIC053 を組み込んだ。また、恒星用の電球に五藤光学研究所製の EX 球を使用している。この EX 球の消費電流が 2A と非常に高く、3 端子レギュレーターでの降圧は不利であるため EX 球のみ 3 端子レギュレーターではなくスイッチングレギュレーターを使用している。大まかな回路のイメージを次に示す。



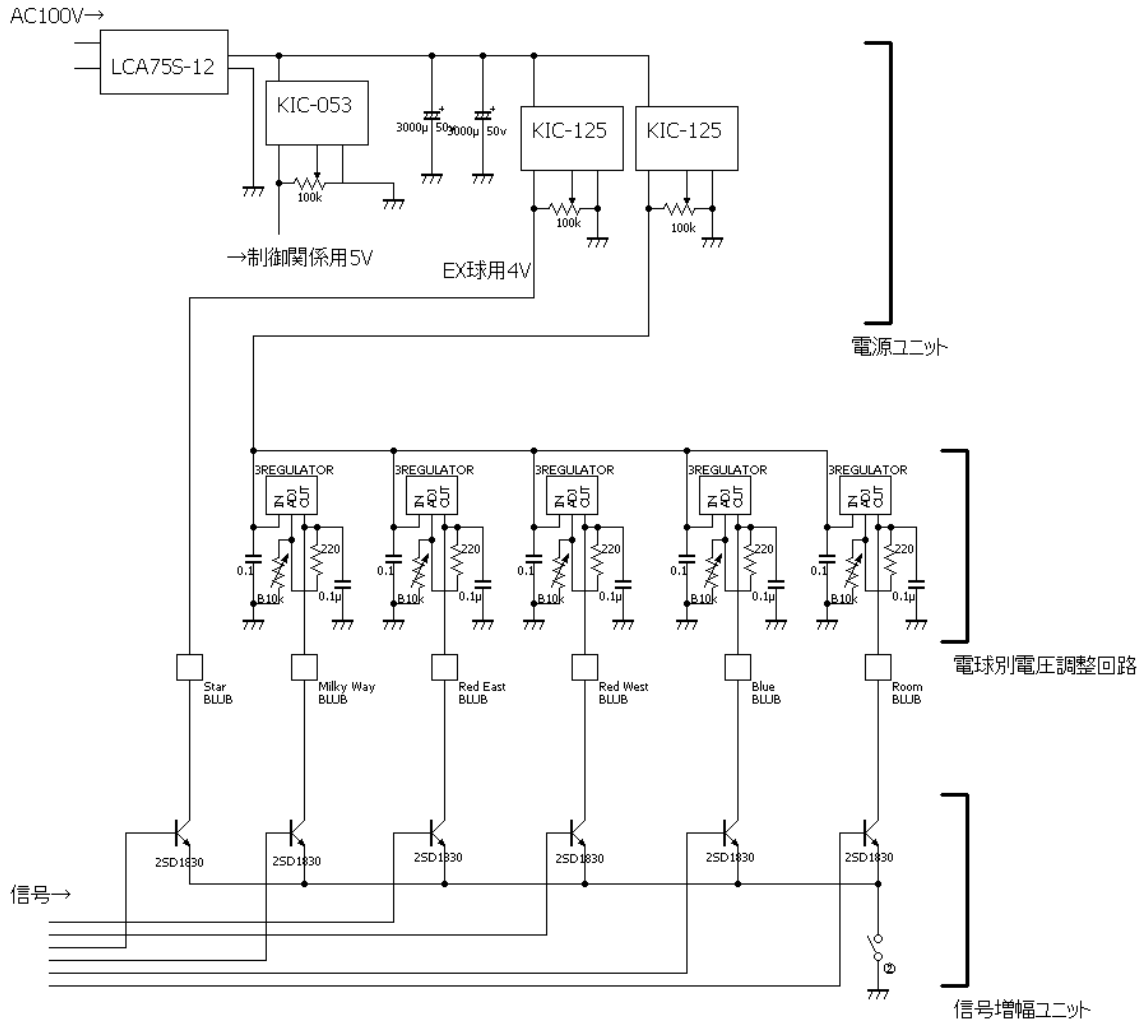
短時間で完成させなければならなかったため、整流降圧には市販のモジュールを使い、ドライバも PIC ではなく専用ドライバ IC を使った。このことで回路を非常にシンプルに構成することが可能になった。シンプルな構成にすることで製作時のヒューマンエラーの削減や機器の耐久性が向上するメリットが期待できる。

2. 電源

電源には大きくスイッチングレギュレーターと 3 端子レギュレーターの 2 種類を用いた。大電流が流れる部分はスイッチングレギュレーター、細かく電圧を調整すべきところには可変 3 端子レギュレーターを使っている。また AC100V から DC12V に整流降圧する部分にはコーセル社製の LCA75S-12 というスイッチング電源モジュールを組み込んだ。投影機を制御する機器はユニットによって供給すべき電圧が異なっている。たとえば IC にそのまま 12V を供給すると定格超過で IC が破損してしまう。それぞれに必要な電圧を下の表にまとめた。

部品	役割及び要求	電圧
IC とその周辺	制御	3～5V
EX 球(定格は 2V)	恒星球用。直列で 2 個使用。	4V
ステッピングモーター	恒星球の回転	12V
各種電球	電球の種類で可変可能にする。	2～8V
ファン	冷却用	12V

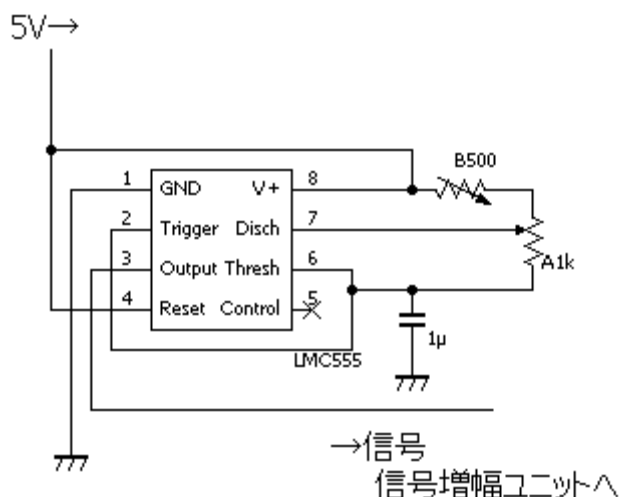
前記の要求を満たすため下の図のような回路を作った。



3 端子レギュレーターにつながる多回転半固定抵抗をマイナスインプラーで回し調節することで供給する電圧は約 2~8V の間で可変することができる。スイッチングレギュレーターの近くにある多回転半固定抵抗も同様に電圧の微調整ようである。EX 球に電流を流す際にシャフト部分のブラシで少なからず抵抗が発生する。EX 球に 4V を確実に供給するため微調整を可能にした。電球には電球別電圧調整ユニット内の 3 端子レギュレーターと電源ユニットのスイッチングレギュレーターの 2 段階で降圧している。3 端子レギュレーターは降圧する電圧差が大きいと発熱量も多くなる。もちろん発熱量が多くなると抵抗値も上がり良いことは一切ない。そのためにスイッチングレギュレーターである程度降圧した後に 3 端子レギュレーターで電圧を調整する仕組みをとった。回路図の下にあるのは信号増幅ユニットである。リモコンと電源装置を繋ぐのは D-SUB ケーブルである。このケーブルに大電流を流すことは出来ないで、ケーブルにはパルス信号発生ユニットから送られる低電流のパルス信号のみである。その信号を増幅するためダーリントントランジスターを組み込んだ。

3. PWM 調光

使用する電球は EX 球、天の川用豆電球、薄明用豆電球、朝焼け夕焼け用豆電球、室内灯用豆電球がある。これらが無段階にスムーズな調光を行うために、PWM 調光方式を用いる。回路の構成としてはリモコン内に配置されたパルス信号発生ユニット内の LMC555 でスイッチング信号を作り出す。その信号を信号増幅ユニット内のダーリントントランジスタで増幅し電球に電流を流す。リモコンの調光つまみを MAX まで回した時の電圧を決定するため、電球別電圧調整回路内の可変 3 端子レギュレーターの ADJ 端子に多回転精密半固定抵抗をつないで調節を行う。ただし、EX 球のみスイッチングレギュレーターの ADJ 端子を利用する。



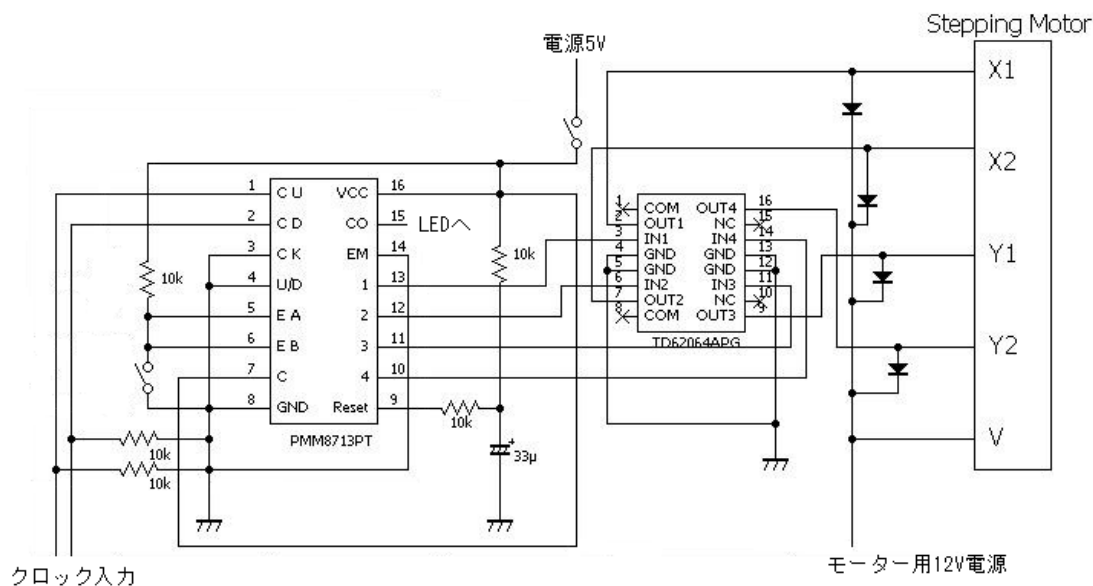
上の図がパルス信号を作り出す部分である。このユニットが調節する電球の数だけある。この回路はリモコンのケースの中に収められる。B500Ωの可変抵抗は基板上に多回転精密半固定抵抗として存在する。これをマイナスドライバーで回しながら調節することで A1kΩのボリュームを左にいっぱい回した時に灯りがちょうど消えるように出来る。1kΩの可変抵抗はリモコンのパネルに取り付けられ、本番での調節がしやすいように A カーブのボリュームを使っている。

4. モータードライブ

ステッピングモーターを駆動させるために使用したドライバ IC は PMM8713 である。このドライバ IC の特徴は入力するパルス信号の周波数を変更することで様々な速度でモーターを回転させることができる。また、励磁モード切り替え端子により 1 相励磁、2 相励磁、1 - 2 相励磁を切り替えることができる。投影機のパネル上にあるスイッチで 2 相励磁と 1 - 2 相励磁を切り替えられるようにした。1 - 2 相励磁を使うとモータ

一のステップ数を倍にすることができるため低速ではあるがスムーズに回転させることができる。プラネタリウムを上映する以上、高速で回転させる必要はない。むしろ、スムーズに回転させ観客に違和感を抱かせない方が大事である。また、2相励磁は1-2相励磁の倍の速さで回転させることができるかつハイトルクである。上映と上映の間の準備を素早く行うために2相励磁も使用できるようにした。このドライバICの各ピンの配線を下の表に示す。パルス発生用の回路はPWM調光のものとはほとんど同じである。よって記載を省略する。

ピン番号	名称	機能
1.	CU	入力パルス UP クロック入力
2.	CD	入力パルス DOWN クロック入力
3.	CK	入力パルスクロック入力
4.	U/D	回転方向変換
5.	EA	励磁モード切換え入力
6.	EB	励磁モード切換え入力
7.	ϕ C	励磁モード切換え入力
8.	VSS	GND
9.	R	リセット入力
10.	ϕ 4	ϕ 4 出力
11.	ϕ 3	ϕ 3 出力
12.	ϕ 2	ϕ 2 出力
13.	ϕ 1	ϕ 1 出力
14.	EM	励磁モニタ出力
15.	CO	入力パルスモニタ出力
16.	VCC	4.5 ~5.5V



最後に全体の回路図を示す。

