課題2A フォトトランジスタのそれぞれの項目で気をつける点について説明しなさい。

* 消費電力 10[mW]

図１より室温が30℃付近になると消費電力が低下してくる。また室温が90℃付近になると消費電力が０になる。消費電力が下がるとモーターの効率が悪くなり悪影響を及ぼす恐れがある。これらのことから消費電力を低下させないために室温を30℃以上にしないように気をつける。

* コレクタ漏れ電流 100[nA]

図２とフォトトランジスタの特徴よりコレクタ漏れ電流は100nAが最大値である。これを踏まえた上で図２より室温が50℃付近まで上昇すると最大値を超えて火災といった危険性が発生する。そのため室温を50℃未満に保つのが望ましい。

* コレクターエミッタ間耐圧 30[V]

図6よりO N状態でもVCEは0.2~0.4V程度は必要である。また、VCEが0.4V以上であればIcはほぼ一定である。以上のことからVCEを0.4V以上にするように心がける。またコレクタとエミッタを間違えないようにすることだ。間違うとフォトトランジスタが壊れるからだ。

* エミッターコレクタ間逆耐圧 5[V]

この電圧は受光フォトトランジスタのエミッターベース間逆耐圧に依存し、低耐圧である。そのため一瞬でもこの場合、5Vを超える逆電圧を超えると破壊、または回復不可能な劣化をする恐れがある。以上より５Vよりの低電圧にしないように気をつける。またコレクタとエミッタを間違えないようにすることだ。間違うとフォトトランジスタが壊れるからだ。

* 動作温度 -25~85 [℃]

これは部品の周囲温度のことを指しており、この周囲温度の範囲を超えるとフォトトランジスタが劣化する。また発光効率が変動しやすくなるといった問題も生じる。そのため-25から85℃の範囲内にすることを意識するべきだ。

* 立ち上り時間/立ち下り時間 15/15[μS]

これはパルス波形を表す用語でありこれを守らないと誤動作を引き起こしたりする。そのため誤動作を起こさないようにするためにも仕様書に記載された時間を守るように気をつけるべきだ。

課題2B 測定した電圧から素子(トランジスタ)を流れる電流を求め、電流の変動範囲は素子の規格内であることを確認せよ。



図１　抵抗に流れる電流

測定した電圧を図1を参考に順番に考察していく。

* 蛍光灯 Vout 350mv

蛍光灯のVoutが350mvの場合、図１より

Rに流れる電流Iはオームの法則より

I=(5-0.35)/2200=2.11363、、mAとなり

約2.11mAとなった。

* 手で覆う Vout 30mv

これも蛍光灯と同様に考察すると

I=(5-0.03)/2200=2.25909、、mAとなり

約2.25mAとなる。

* 光を直接照射 Vout 4.8v

最後にこれもオームの法則より抵抗に流れる

電流の値はI=(5-4.8)/2200=9.0909、、10-5A

となり約0.09mAと分かる。

考察：以上3つの電流の値は素子の規格内であることがデータシートより確認が出来た。またこれら3つのことから入射してくる光量が多い(明るい状態)ほどフォトトランジスタは暗くなる(消灯)と推測出来る。そして入射してくる光量が少ない(暗い状態)ほどフォトトランジスタは明るくなる(点灯)と考える。なぜなら入射光が強くなるほどコレクタ電流が増える(ON状態になる)からである。そのため光を直接照射すると抵抗に流れる電流が少なくなり、フォトトランジスタが暗くなる。これは街灯と同じ原理だと私は考える。

課題2C 図2.1は積分回路とも呼ばれ、時間を調節する際に使用される。RとCの値から時定数を求め、波形のスロープについて考察する。

![テーブル が含まれている画像

自動的に生成された説明]()

まず時定数を求めてから波形のスロープについて考察する。時定数とは電源ONした瞬間から電圧が立ち上がってきて最大電圧に対して約63.2%のところまで要した時間のことである。これは別名τ(タウ)と呼ばれており、図2.1よりτはRで求められるため時定数τの値はτ=2.2k0.1μ=0.22msとなる。

時定数の値が出たためこれを踏まえた上で波形のスロープについて考察する。図2.1はVinに矩形波が入力される。また時定数で対応可能な周波数は100Hzと設定されている。ところが実際の動画や実験データからVin とVoutの出力波形や電圧には誤差が生じている。このような実験結果になったのは時定数は一定で対応する周波数があっていないと十分な充電、放電が出来ない。つまり電流が流れないからであるからだ。もう少し詳しく説明をするともし矩形波の周波数を徐々に上げていくと時定数1τの地点での電圧が　63.2%から低下していく。これは、1τまでの充電時間が低下することを意味している。このようなことになると、充分に充電される前に波形が変化するため、放電することになる。その後、十分放電される前に波形が立ち上がっていくため充電を開始する。また、コンデンサの容量や抵抗値の誤差が含まれていることも出力波形に誤差が生じる。更に

したがって以上のことをまとめると

課題2D 図2.1の波形との違いについて考察する。



図2.1の出力波形では入力電圧と出力電圧との誤差

があまり見られなかった。ところが図2.2よりフォト

トランジスタを含んだ場合、出力波形に大きい変化が

見られた。具体的にはフォトトランジスタに強い光を

当てると入力電圧と出力電圧との波形の誤差が少なく

なった。ところがフォトトランジスタに少量の光量し

か与えなかった(暗い状態)の時は図2.2の出力波形は

大きく崩れ誤差がかなり生じた。なぜこのような実験

結果になったのか今から考察していく。

フォトトランジスタの性質と課題2Bを踏まえた上で私なりの考えを示していく。まずフォトトランジスタに対して入射光が強い時はコレクタ電流が増加する。また発光ダイオードは少量の電流しか流せないという特徴がある。そのためコレクタ電流が増加している明るい状態のときは発光ダイオードに電流が流れず図2.１と変わらない状態になっていると考えられる。

一方フォトトランジスタに手で覆う(暗い状態)の場合、コレクタ電流が増加しない。その結果、発光ダイオードに漏れ電流として少量の電流が流れて出力電圧の値が図2.1と比較すると大きく変化する。

したがって以上のことをまとめるとフォトトランジスタに強い入射光を与えるとコレクタ電流が増加し、発光ダイオードに電流が流れないため図2.1と波形が同じようになる。なぜなら図2.1との入力電圧の値があまり変わらないからだ。それゆえに入力電圧との波形との誤差が少ない。ところが暗い状態の時はコレクタ電流が少なく、発光ダイオードに漏れ電流として流れるため入力電圧の値が図2.1より大きく変化してしまう。その結果入力電圧と出力電圧との出力波形に誤差がかなり生じるため動画のような実験結果になったと考える。

課題2E 図2.3の回路においてフォトトランジスタの振る舞いについて説明せよ。

　課題2Dのことを踏まえた上で説明を行う。フォトトラン



ジスタに強い入射光を与えるとコレクタ電流が増加する。つ

まり電源がON状態になる。その結果、入力電圧が下がる。

一方、フォトトランジスタに少量の光しか当てなかった場

合、コレクタ電流には少量の電流しか流れない。そのため出

力電圧の値は図2.3より上がる。

　したがってフォトトランジスタに強い光を当てるとよりコ

レクタ電流が流れて図2.3よりRに対しての電圧降下が大き

く発生する。ところが暗い状態の時は少量しかコレクタ電流

は流れないため図2.3よりRに対して電圧降下が明るい状態

より起きない。その結果、出力電圧の値が大きくなる。

課題2F 次のスライドに示される実験を写した動画exp2-4-1.mp4を見て、触覚に触れたことによる電圧の変化について説明せよ。

![パソコンの画面

自動的に生成された説明]()

図2.4を参考にLeftWhisker(左の針金)とRightWhisker(右の針金)という二つの触覚の針金がある。オシロスコープでの動画の場合、左の針金に触れるとオシロスコープが黄色に変化し、右の針金は青色に変化する。また触れた方の針金の電圧は0Vになる。

またLEDの場合だと左の針金に触れた方は左のLEDがON、右のLEDがOFF状態になる。右の針金に触れた時も左の針金に触れた時とLEDの状態が逆になる。

このような実験結果になったのはオシロスコープの場合、チェック用端子にプローブを図2.4のブレットボードの5Vに二つとも接続している。前半でも述べたが針金に触れた方が0Vになる。これは金属パッドの静電容量を測定し、指が近くにあるときの静電容量の変化を検出しているのではないかと考える。つまりiPhoneのタッチスクリーンで使用されているテクノロジと同じである。そのため針金に触れたときに手の静電容量の変化を検出して0Vに電圧が変化したのだと推測する。LEDも同様だ。

以上のことをまとめると接触センサには静電容量を測定する金属パッドが内蔵されている。その結果５Vで接続されて電流が流れている状態であるプローブと接触センサをブレッドボードで回路を組むことにより針金に触れた時、静電容量の変化を検出して0Vになるのだと推測する。