

令和 5 年 6 月 11 日

第 22 回高校生ものづくりコンテスト福岡県大会

電子回路組立部門

1. 回路の設計製作課題

2 ページに掲載している支給部品を使用し, 3 ページから 6 ページの説明をよく読み 7 ページの指示に従って回路を設計および製作しなさい。

< 支給部品 >

支給部品一覧を表 1 に示す。但し、全ての部品を使用しない場合がある。

表 1. 支給部品一覧

No	部品 記号	部品名	型式	定格	備考（購 入先等）	個数
1	PSW	タクトスイッチ	1273HIM160GG	1 回路 1 接点	秋月電子 通商	1
2	TSW	トグルスイッチ	2MS1T2B4M2QES	1 回路 2 接点	秋月電子 通商	1
3	PS1	透過型フォトインタラプ タ	CNZ1023		秋月電子 通商	1
4	ST	半固定抵抗器	TSR3386	10K Ω	秋月電子 通商	1
5	R1	炭素被膜抵抗器	1/4W $\pm$ 5%	330 Ω	秋月電子 通商	1
6	R2 ~ R5	炭素被膜抵抗器	1/4W $\pm$ 5%	10k Ω	秋月電子 通商	4
7	R6	炭素被膜抵抗器	1/4W $\pm$ 5%	47k Ω	秋月電子 通商	1
8	C1	積層セラミックコンデンサ	250Vdc $\pm$ 10%	0.1 μ F	秋月電子 通商	1
9	C2	積層セラミックコンデンサ	50Vdc $\pm$ 10%	0.01 μ F	秋月電子 通商	1
10	CN7, 8	コネクタ 10P（制御用マイ コン接続用, 外部センサ接 続用）	XG4C-1031	10P オス	秋月電子 通商	2
11	CN9	コネクタ 3P（KI 1 2 3 3- AA 接続用）	B3B-XH-A(LF)(SN)	3P オス	秋月電子 通商	1
12		ユニバーサル基板	ICB-293	72mm $\times$ 95m m	サンハヤ ト	1
13		スペーサ・ビス				適量
14		鉛フリーハンダ	HOZANHS-313	Φ 0.8	Sn-3Ag- 0.5Cu	適量
15		スズメッキ線		Φ 0.5		適量

＜ 設計製作回路「入力回路①」 俯瞰図 ＞

図 1 に設計製作回路の「入力回路①」の俯瞰図を示す。図の上側が奥手方向となる。▲は 1 番端子側を示す。

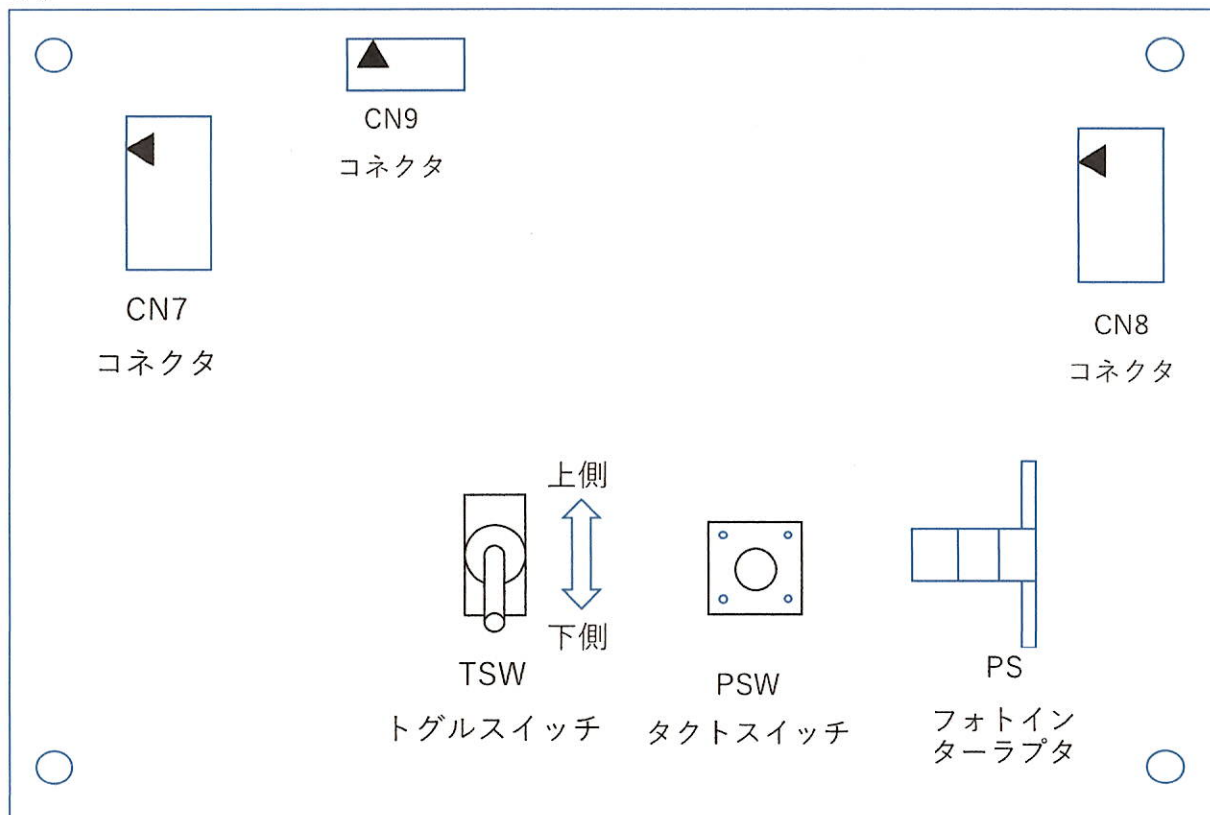


図 1. 設計製作回路「入力回路①」 俯瞰図，▲は 1 番端子側

＜ 設計製作回路コネクタ 10 ピンコネクタ “CN7, CN8”, 3 ピンコネクタ “CN9” ピンアサイン ＞

以下に設計製作回路のコネクタ CN7, CN8 および CN9 のピンアサインを示す。なお、アサインについては「第 23 回高校生ものづくりコンテスト全国大会 電子回路組立部門 実施要項」(http://zenkoukyo.or.jp/web/content/uploads/mono41denshi_kadai.pdf) の 9 ページ「資料 5 競技に使用するケーブルについて」に準拠している。

(1) 10 ピンコネクタ (CN7)

図 2 に 10 ピンコネクタ (CN7) のピン番号，図 3 に各ピンのアサインを示す。

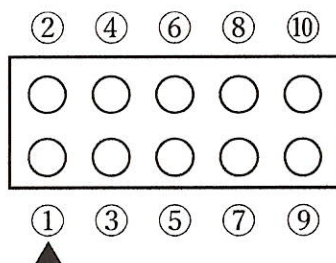


図 2. 10 ピンコネクタ (CN7) 番号

①	5[V]	②	A	③	D	④	A	⑤	D
⑥	A	⑦	D	⑧	A	⑨	D	⑩	GND

A: アナログ入力

D: デジタル入力

図 3. CN7 ピンアサイン

- ① 1 番ピンは 5[V]として、「入力回路①」基板の電源入力に使用する。
- ② 2, 4, 6, 8 番ピンはアナログ入力に使用する。
- ③ 3, 5, 7, 9 番ピンはデジタル入力に使用する。
- ④ 10 番ピンは GND (0[V]) として「入力回路①」基板の基準電位に接続される。

(2) 10 ピンコネクタ (CN8)

図 4 に 10 ピンコネクタ (CN8) のピン番号, 図 5 に各ピンのアサインを示す。

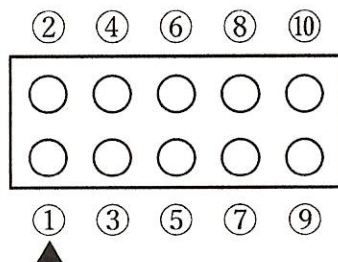


図 4. 10 ピンコネクタ (CN8) 番号

①	5[V]	②	K_X	③	K_Y	④	K_Z	⑤	J_2
⑥	J_2A	⑦	NC	⑧	NC	⑨	NC	⑩	GND

K_X / K_Y / K_Z: 3軸加速度センサ値

J_2 / J_2A: 2軸ジョイスティック値

図 5. CN8 ピンアサイン

- ① 1 番ピンは 5[V]として, 外付けセンサ駆動用電源に使用する。
- ② 2, 3, 4 番ピンは 3 軸加速度センサ値読み取りに使用する。
- ③ 5, 6 番ピンは 2 軸ジョイスティック値読み取りに使用する。
- ④ 7~9 番ピンは使用しない。
- ⑤ 10 番ピンは GND (0[V]) として「入力回路①」基板の基準電位に接続される。

(3) 3 ピンコネクタ (CN9)

図 6 に 3 ピンコネクタ (CN9) のピン番号, 図 7 に各ピンのアサインを示す。

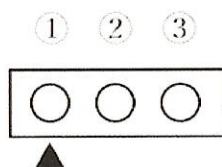


図 6. 3 ピンコネクタ (CN9) 番号

①	GND	②	Vin	③	5[V]
---	-----	---	-----	---	------

図 7. CN9 ピンアサイン

- ① 1 番ピンは GND (0[V]) として「入力回路①」基板の基準電位に接続される。
- ② 2 番ピンは DC モータ回転センサのフォトインタラプタからの入力 Vin として使用する。この端子はコネクタ (CN7) のいずれかのピンへ接続する。
- ③ 3 番ピンは 5[V]として DC モータ回転センサのフォトインタラプタ駆動用電源に使用する。

< システム全体図 >

次ページの図 8 に本競技におけるシステム全体図を示す。

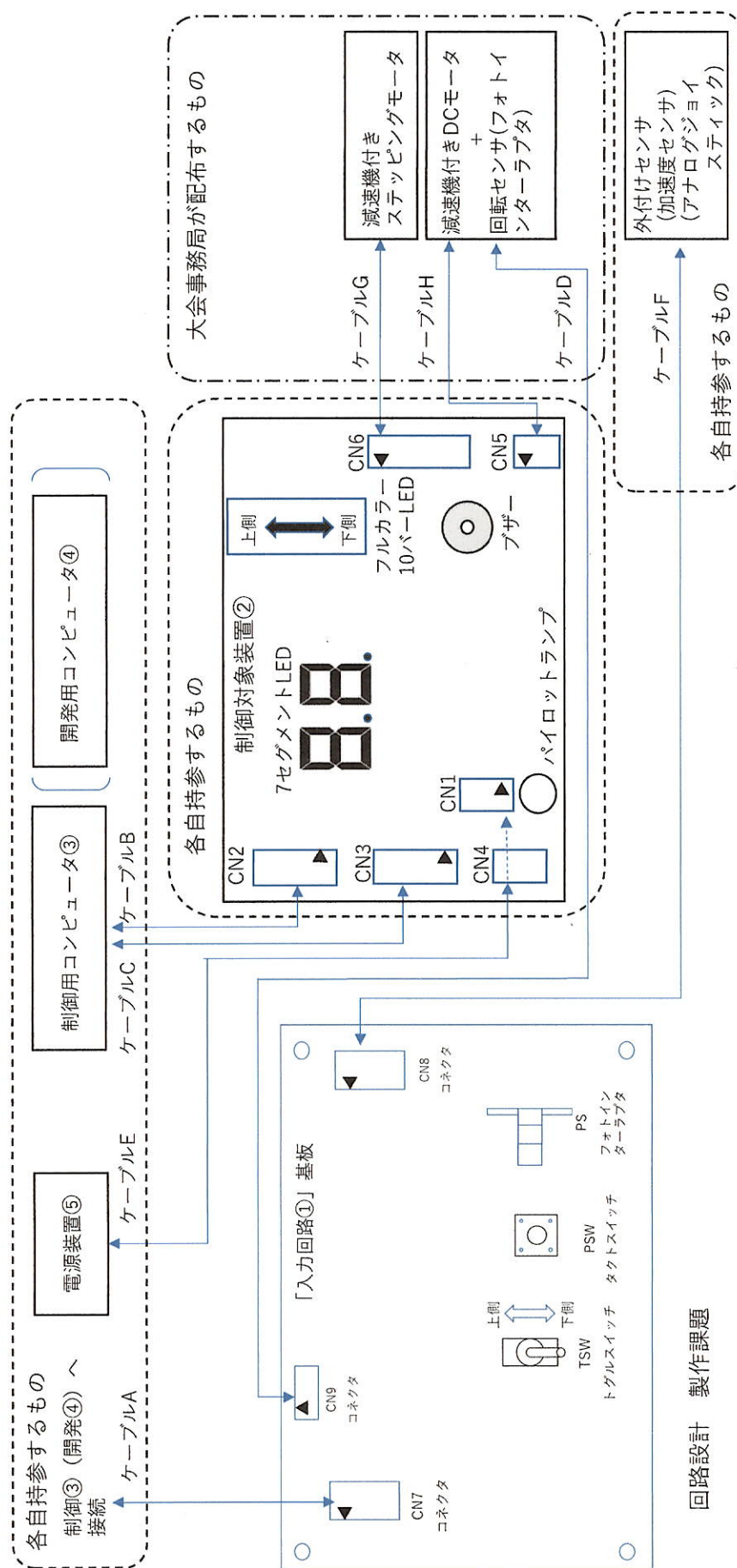


図 8. システム全体図, ①入力回路基板の▲は1 番ピン側

【回路設計製作 課題】

3 ページ図 1 の「入力回路①」基板について、以下(a)から(c)の注意事項に従って支給したグラフ用紙内に説明された回路記号を用いてグラフ用紙に回路図を作成せよ。その後、2 ページ表 1 の「支給部品一覧」の 12 番「ユニバーサル基板」上に表 1 の各部品（素子等）を適切に使用して入力回路①を製作せよ。

注意事項

- (a) 部品の相対的配置を図 1 から変更してはならない。
- (b) 各部品間の配線については各自で設計し、最良の回路を目指すこと。
- (c) 「第 23 回高校生ものづくりコンテスト全国大会課題 電子回路組立部門 電子回路 実施要項」(http://zenkoukyo.or.jp/web/content/uploads/mono41denshi_kadai.pdf) の 11 ページから 17 ページの「第 23 回高校生ものづくりコンテスト全国大会 電子回路組立部門 入力回路 審査基準」に従って審査を行う。

回路の設計と製作が終了し次第、次ページからの制御プログラム課題に取り組むこと。

2. 制御プログラム課題

8 ページおよび9 ページの説明をよく読んで 10 ページの指示に従って制御プログラムを作成しなさい。

＜ 入力回路① / 制御対象装置② / 外付けセンサ の初期状態 ＞

「入力回路①」, 「制御対象装置②」, 「外付けセンサ」の初期状態は表 2, 表 3 および表 4 の通りである。**初期状態の違いが指摘されることが多いため、しっかりと確認すること。**

表 2. 入力回路①

No	機器	状態
1	タクトスイッチ	押さない
2	トグルスイッチ	下側
3	フォトインタラプタ	検出無し

表 3. 制御対象装置②

No	機器	状態
1	フルカラー10 バーLED	消灯
2	7セグメントLED	消灯
3	圧電ブザー	無音
4	ステッピングモータ	0度で停止
5	DC モータ	停止

表 4. 外付けセンサ

No	機器	状態
1	ジョイスティック	中央
2	3 軸加速度センサ	Z 軸下が重力方向

＜ 減速機付き DC モータおよび減速機付きステッピングモータの回転 ＞

- (1) 各モータの回転速度について指定がある場合は、必ずそれに従うこと。低速・高速などの指定では、その違いが目視で判断できるようにプログラムを作成すること。
- (2) 各モータについて、負荷側から見て①正転は時計回り (CW), ②逆転は反時計回り (CCW) とする。
- (3) ステッピングモータは各課題プログラム実行前に手で 0° の位置に戻すこと。

＜ 数値の基数 ＞

数値は 2 進数, 10 進数, 16 進数を扱う。基数表記は, 「*n*進数の****」と予め基数を示す場合と, 数値右側に括弧で括った下付き文字として表記する場合がある。基数表記が省略されている場合は 10 進数として扱うこと。

- 例 1) 2 進数の 1011 この場合は予め基数を示している。
 例 2) 1011₍₂₎ この場合は 2 進数の 1011 を表す。
 例 3) 1011 この場合は 10 進数の 1011 を表す。
 例 4) 1011₍₁₆₎ この場合は 16 進数の 1011 を表す。

＜ 7セグメントLED, フルカラー10バーLEDの扱い ＞

- (1) 7セグメントLED は, 課題内で「7セグ」と省略して記述されていることがある。
- (2) 7セグメントLED は, 課題内で指定されていない場合は図 9 の表示とする。それぞれ「0」「1」「2」「3」「4」「5」「6」「7」「8」「9」「A」「b」「c」「d」「E」「F」「- (マイナス)」に対応している。

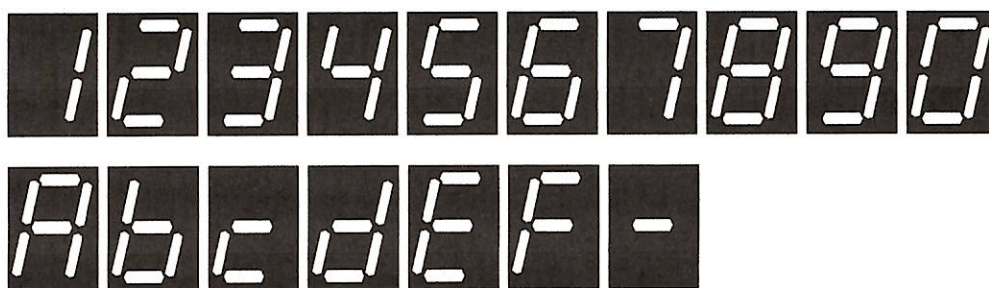


図 9. 7セグメントLED 表示

- (3) フルカラー10バーLEDの原色は(赤, 緑, 青) = (R, G, B)とし, 原色以外を発色するには原色を混色させること(例えば, 赤と緑の発光で黄色を表現)。各原色の最小輝度値は $00_{(16)}$, 最大輝度値は $FF_{(16)}$ とし, 最小輝度値では発光せず, 最大輝度値では最大発光となるように割り当てる。 $00_{(16)}$ と $FF_{(16)}$ の間の輝度値については線形補間とすること。輝度値が指定されていない場合(赤で点灯など)は認識できる輝度で発光させること。

＜ 単位等の表記など ＞

課題では以下の単位の表記を使用していることがある。下記以外でこれまでに学んでいない単位表記などがあれば, 挙手して審査員に質問しても良い。

deg : 度 (degree) $10[\text{deg}] = 10^\circ$

sec : 秒 (second) $2[\text{sec}] = 2 \text{ 秒}$, $0.5[\text{sec}] = 0.5 \text{ 秒}$

deg/sec : 角速度 (角秒速度) (degree/second) $10[\text{deg/sec}] = 1 \text{ 秒間で } 10^\circ \text{ 回転}$

＜ ブザーの鳴動 ＞

圧電ブザーの鳴動について, 低音, 中音, 高音と指定されている場合は音程の違いが判断できるようにすること。単に「鳴動させる」のように指定がない場合は, 知覚可能な何らかの音を発するようにすること。発振周波数が規定されている場合はそれに従うこと。

＜ プログラム作成および動作確認 / 完成審査 ＞

- (1) 課題は1番から取り組む必要は無く, どの課題から取り組んでも良い。
- (2) プログラムは1課題ずつ作成し, 1つの課題が完成すれば高く手を挙げて完成したことを伝えること。
また, **1つの課題が終わる毎に完成審査を受けること。**
- (3) 審査が重なることがあるが, 手を挙げた順番に審査を実施する。
- (4) 完成審査で不合格の場合は, 再度審査を受け, 合格になるまではその課題は完成したものとは見做されない。
- (5) 完成審査で不合格となった課題について, 不合格課題を放棄し, 別の課題に取り組んでも良い。
- (6) 挙手時に審査員が他の競技者の審査をしている場合は, 次の課題に取り組んでも良い。上記(3)の通り, 挙手順に審査を実施するので, 次の課題に取り組む旨を係員に申し出ること。
- (7) 競技が終了しても競技時間内に挙手した全ての課題について完成審査を継続して行う。

【制御プログラム 課題】

課題は次ページより 4 題ある。複数ページにわたる課題もあるため、各課題に取り組む前に内容の全体を必ず確認すること。

【課題 1：正常性確認】

回路設計製作課題で製作した「入力回路①」，その他機器が正常に動作するか確認したい。

「入力回路①」「外付けセンサ」を初期状態とし，電源投入後「制御対象装置②」は初期状態になる。

(a) トグルスイッチ“下側”のとき

タクトスイッチを押すたびに 7 セグを「00」から 16 進数でカウントアップし， $FF_{(16)}$ のときフルカラー10バーLEDの全てのセグメントを赤，緑，青の順に 2[sec]点灯後に 1[sec]消灯させ，LED 点灯と同時に赤では低音，緑では中音，青では高音を鳴動し，消灯と同時に鳴動停止する。青の消灯 1[sec]後はフルカラー10バーLEDの全てのセグメントを白で点灯し続け，7セグのカウントアップは $FF_{(16)}$ で停止し，その後タクトスイッチを押しても状態は変化しない。

入力回路①のフォトインタラプタを遮断すると制御対象装置②は初期状態に戻る。

(b) トグルスイッチ“上側”のとき

1. ジョイスティックを右に倒すと 7 セグを「00」から 16 進数でカウントアップし，ジョイスティックを左に倒すと 7 セグを 16 進数でカウントダウンする。ジョイスティックを上倒すと，どのカウントからでも $00_{(16)}$ ，下に倒すと $FF_{(16)}$ になる。カウントは $FF_{(16)}$ からのカウントアップは $00_{(16)}$ ， $00_{(16)}$ からのカウントダウンは $FF_{(16)}$ に遷移する。
2. タクトスイッチを 2 回押した後，外付けセンサを上，下，左，右に全ての方向へ一回ずつ 45[deg]以上傾ける（順番は問わない）とステッピングモータが 180[deg]を指し，DC モータが低速で 5[sec]回転する。

入力回路①のフォトインタラプタを遮断すると，トグルスイッチおよび問題 2 のステッピングモータを除いて初期状態に戻る。

【課題 2：DC モータに取り付けた遮蔽板の回転回数制御】

DC モータに取り付けた遮蔽板を，指定された回数だけ回転させて止めたい。

「入力回路①」「外付けセンサ」を初期状態とし，電源投入後「制御対象装置②」は初期状態になる。

(a) 回転回数の入力

- 1) トグルスイッチを上側にすると加算モードとなり，タクトスイッチを押す度に 7 セグが 1 ずつカウントアップする。
- 2) トグルスイッチを下側にすると減算モードとなり，タクトスイッチを押す度に 7 セグが 1 ずつカウントダウンする。
- 3) 表示の最大値は 9，最小値は -9 とし，値が正であれば 7 セグ左の上位桁は何も表示しない。値が負の場合は 7 セグ左には - (マイナス) を表示する。

(b) 遮蔽板の回転

フォトインタラプタを一度遮断し元に戻ると，DC モータに取り付けた遮蔽板が回転し，指定の回転数回って停止する。ただし，7 セグの値が正の時は負荷側からみて時計回り，負の場合は反時計回りとする。この時できる限り正確な位置で遮蔽板を停止させる事。

【課題は次ページへ続く】

【課題 3：傾き角度の表示】

加速度センサを実装した基板の傾き角度を表示したい。

「入力回路①」「外付けセンサ」を初期状態とし，電源投入後「制御対象装置②」は初期状態になる。

(a) 動作

タクトスイッチを押すと，連続して加速度センサ傾きを測定し角度表示を続ける。

(b) 表示方法

加速度センサを持っている人からみて，水平から右に傾ける方向を正，左を負の角度とし，最大 ± 90 度とする。

1) 7セグによる表示

右に傾けると7セグに10度刻みで $\pm 1 \sim 9$ を表示する。表示は負の場合-を7セグ左に示し，正の場合は無表示とする。

2) ステッピングモータによる表示

ステッピングモータの軸に付いた針で加速度センサの角度を表示する。右に傾けた時，時計回りで角度を刻む。すなわち90度の場合には3時の方向を指す。左に傾けた場合も同様に-90度では9時を指す。

3) フルカラー10バーLEDによる表示

角度と表示するLEDの関係と動作を以下の表に示す。

角度	-80度 未満	-80度 以上 -70度 未満	-70度 以上 -60度 未満	-60度 以上 -50度 未満	-50度 以上 -40度 未満	-40度 以上 -30度 未満	-30度 以上 -20度 未満	-20度 以上 -10度 未満	-10度以上 0度未満
LEDの場所	一番下	下から 2番目	下から 2番目	下から 3番目	下から 3番目	下から 4番目	下から 4番目	下から 5番目	下から 5番目
色と動作	赤 点灯	赤 点滅	赤 点灯	赤 点滅	赤 点灯	赤 点滅	赤 点灯	赤 点滅	赤 点灯

【問題は次ページへ続く】

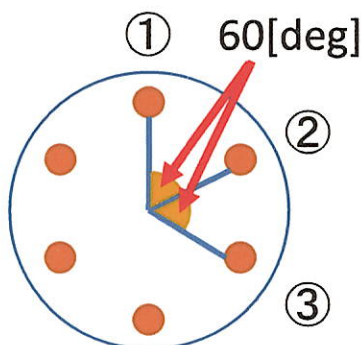
角度	0 度以上 10 度未満	10 度以上 20 度未満	20 度以上 30 度未満	30 度以上 40 度未満	40 度以上 50 度未満	50 度以上 60 度未満	60 度以上 70 度未満	70 度以上 80 度未満	90 度以上
LED の場所	下から 6 番目	下から 6 番目	下から 7 番目	下から 7 番目	下から 8 番目	下から 8 番目	下から 9 番目	下から 9 番目	下から 10 番目
色と動作	緑点灯	緑点滅	緑点灯	緑点滅	緑点灯	緑点滅	緑点灯	緑点滅	緑点灯

【課題 4：定角速度制御】

DC モータに接続された錘について「一定の速度で巻き上げ / 巻き下げ」したい。

DC モータに接続された錘の巻き上げを考える。このとき軸に巻き取られた糸の分だけ軸径が徐々に大きくなることから、定電圧で DC モータを駆動すると巻き上げ速度が変化する。また、定電圧では錘や糸に何らかの力が掛かった場合や錘の重さが変化した場合も巻き上げ速度が変化する。巻き下げ時も同様に定電圧では速度が変化する。これを、一定速度で巻き上げ / 巻き下げるように制御する。

DC モータには 6 個の穴の空いた遮蔽板がある。図 10 のように穴①を通過した後に穴②を通過すると、 $360[\text{deg}] / 6 = 60[\text{deg}]$ 回転したことになる。このとき、 $1[\text{sec}]$ の回転時間がかかった場合の回転速度は $60[\text{deg/sec}]$ となり、これを角速度（角秒速度）と呼ぶ。また、穴①を通過後、穴③までの 2 穴分回転すると $120[\text{deg}]$ 回転したことになる。



✓ 1[sec]で穴①通過後に穴②まで回転
⇒ $60[\text{deg/sec}]$

✓ 穴①通過後に穴③まで回転
⇒ $120[\text{deg}]$ 回転

図 10. 角速度例および回転角度（ $60[\text{deg/sec}]$ ， $120[\text{deg}]$ ）

一定速度での巻き上げ / 巻き下げをするには、ある穴が検出された後に再度穴が検出される時間、つまり角速度が一定となるように DC モータドライバの出力を制御すればよい。

【問題は次ページへ続く】

注意事項

- 巻き上げ完了は十分に錘が巻き上がった状態、巻き下げ完了は全て糸が伸びきった状態を指す。
- 問題では錘の糸は伸びきった状態（巻き下げ完了）から開始する。
- 錘の状態（位置）を記憶し、巻き上げ / 下げ出来ない場合（巻き上げ完了後に連続した巻き上げ入力時など）は中音を 2[sec]鳴動し、同時にフルカラー10 バーLED の全てのセグメントを赤で点灯、全ての入力は受け付けない状態で停止する。フォトインタラプタを一度遮断し元に戻すとフルカラー10 バーLED を消灯し、操作可能となるように制御する。

「入力回路①」「外付けセンサ」を初期状態とし、電源投入後「制御対象装置②」は初期状態になる。

(a) トグルスイッチ“下側”のとき

タクトスイッチを押すと7セグに「60」を表示し、ステッピングモータを 60[deg]の位置に回転する。

1. ジョイスティックを上倒すと角速度 60[deg/sec]で巻き上げを開始し、遮蔽板の穴を 2 個通過するごとに高音を 0.5[sec]鳴動（鳴動時に回転を停止してはならない），巻き上げ完了時に低音を 2[sec]鳴動する。

※巻き上げ中は一切の入力を受け付けない。

2. ジョイスティックを下倒すと角速度 60[deg/sec]で巻き下げを開始し、遮蔽板の穴を 2 個通過するごとに高音を 0.5[sec]鳴動（鳴動時に回転を停止してはならない），巻き下げ完了時に低音を 2[sec]鳴動する。

※巻き下げ中は一切の入力を受け付けない。

巻き上げ / 巻き下げが完了すると次の入力が可能となる。

(b) トグルスイッチ“上側”のとき

タクトスイッチを押すと7セグに「90」を表示し、ステッピングモータを 90[deg]の位置に回転する。

1. ジョイスティックを上倒すと角速度 90[deg/sec]で巻き上げを開始し、遮蔽板の穴を 3 個通過するごとに低音を 0.5[sec]鳴動（鳴動時に回転を停止してはならない），巻き上げ完了時に高音を 3[sec]鳴動する。

※巻き上げ中は一切の入力を受け付けない。

2. ジョイスティックを下倒すと角速度 90[deg/sec]で巻き下げを開始し、遮蔽板の穴を 3 個通過するごとに低音を 0.5[sec]鳴動（鳴動時に回転を停止してはならない），巻き下げ完了時に高音を 3[sec]鳴動する。

※巻き下げ中は一切の入力を受け付けない。

巻き上げ / 巻き下げが完了すると次の入力が可能となる。

《 制御プログラム課題は以上 》