

Recursos de física

ARDUINO AL LABORATORI DE FÍSICA I QUÍMICA. MESURA DE LA GRAVETAT TERRESTRE AMB UNA FOTOPORTA

VÍCTOR CURCÓ¹

La programació de la matèria de Física a 1r de BTX a l'INS La Roca del Vallès comporta un treball d'una hora setmanal de laboratori. Durant el curs escolar es porten a terme experiències clàssiques i d'altre tipus basades en metodologies PBL (project based learning) i IBSE (inquiry based science education). La proposta "Arduino al laboratori de física i química. Mesura de la gravetat terrestre amb una fotoporta" pertany a aquest darrer tipus d'activitats.

El treball comporta la construcció d'una làmina d'obturació, una fotoporta i un circuit de detecció, i la implementació d'un programa en Arduino per enregistrar els instants de temps en què el feix d'IR és interromput pel pas de la làmina obturadora. Aquests valors es poden copiar de la consola d'Arduino i passar-los a un programa de representació gràfica o un full de càlcul. Mesurant la separació (y) entre les seccions de la làmina d'obturació interrompuda pels pas del feix d'IR de la fotoporta, es poden representar gràficament els valors $y - t$ i ajustar-los a una funció de tipus quadràtic per deduir-ne el valor de g . Com a referència, una versió més antiga d'un protocol semblant es pot trobar al CDEC:

http://srvcnpps.xtec.cat/cdec/images/stories/WEB_antiga/recursos/pdf/nntt_fiq/pdf_fisica/pregle.pdf

Construcció

El model de fotoporta i circuit detector que es presenta és una adaptació del publicat a l'article "An Arduino-Controlled Photogate" de la revista *The Physics Teacher*, v. 51, n. 3, p. 156 (2013).

El circuit de detecció (vegeu la figura 1) modifica el disseny original de la revista per la necessitat d'adaptar-ne alguns components. Tanmateix, incorpora un LED de control que resulta molt útil per detectar errors de soldadura o de muntatge quan passem de la instal·lació en la placa protoboard a la definitiva en una placa de matriu de punts o en un circuit imprès.

El sistema sencer de mesura (vegeu la figura 2) consta d'una làmina obturadora que es pot fer amb cartó, plàstic o blocs de LEGO. La làmina es deixa caure verticalment a través de la fotoporta, que consta d'un LED emissor i un receptor d'IR i un circuit electrònic de detecció.

El fototransistor del circuit genera una sortida de tipus BAIX-ALT (0 – 1) quan s'interromp el feix d'IR en-

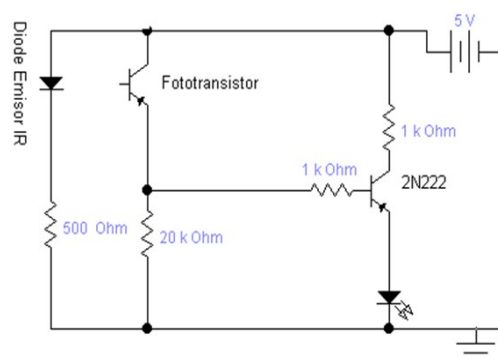


Fig. 1: Circuit de detecció fotoporta

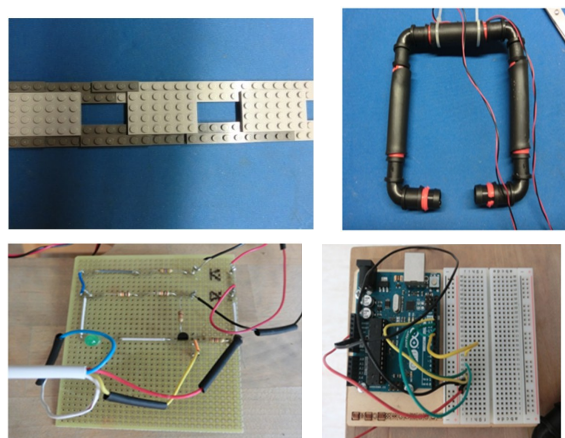


Fig. 2: Elements del sistema de mesura. Làmina d'obturació, fotoporta i placa Arduino UNO.

¹ Professor de Física i Química a l'INS La Roca del Vallès. Adreça electrònica: victor.curco@gmail.com

tre els díodes i aquest senyal es pot connectar directament a una de les entrades digitals d'[Arduino](#). Un programa (vegeu la figura 3) en fa la lectura i permet detectar quan el feix d'IR s'interromp. El microprocessador d'Arduino incorpora un rellotge de 16 MHz que ens proporciona una resolució de fins a $4\text{ }\mu\text{s}$. Mesurant la separació entre les seccions de la làmina d'obturació que interrompen el feix d'IR de la fotoporta es poden representar gràficament els valors $y - t$ i ajustar-los a una funció de tipus quadràtic per deduir el valor de g .

El segon transistor del circuit millora la relació senyal/soroll i com a font d'alimentació es pot utilitzar també una de les sortides de 5 V d'Arduino.

```
int fotoporta;
int trigger;

unsigned long time

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(2, INPUT);
  trigger=1;
}

void loop{
  fotoporta=digitalRead(2);
  time=micros();
  if((fotoporta==1) && (trigger==1))
  {
    Serial.println(time);
    trigger=0;
  }
  If(fotoporta==0) && (trigger==0)){
    trigger=1;
  }
}
```

Fig. 3: Programa d'enregistrament

Orientacions pel professorat

Temporització

- ✓ Els alumnes treballen en grups de 3 o 4. Hauran d'invertir un temps previ fora de l'horari lectiu per reunir-se, estudiar la proposta de treball (a la secció [Full de l'alumnat](#)) i concretar l'adquisició dels materials.
- ✓ Es necessita almenys una hora per muntar la fotoporta en plaques de tipus *protoboard* i soldar-les en plaques de matrius de punts. Si es vol fer el disseny del circuit i la impressió, aleshores es requereix una hora addicional.
- ✓ També es necessita una hora per fer diferents mesures experimentals i revisar la qualitat de les dades.

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

- ✓ Alumnes de la matèria de Física de 1r de batxillerat.

Metodologia

- ✓ L'experiència es planteja com un projecte i s'avaluen diferents nivells d'assoliment de competències de l'àmbit científic o tecnològic.
- ✓ Alguns del criteris d'avaluació a considerar són els següents:
 - ♦ Manipula els objectes d'ús habitual amb correcció i tendeix a seleccionar i utilitzar correctament les eines i els coneixements per fer petits arranjaments.
 - ♦ Llegeix amb precisió les mesures en un instrument i en relaciona la forma i constitució amb les mesures que proporciona.
 - ♦ Relaciona els components de l'objecte tecnològic observat, fins i tot els electrònics, amb la seva funció, i fa ús de la terminologia i els símbols tècnics.

- ♦ Planifica un procediment de mesura de les variables dependent i independent. Pensa a fer rèpliques.
- ♦ Realitza les mesures amb exactitud i precisió, i fa un tractament adequat de les dades obtingudes, utilitzant representacions gràfiques, dibuixos, esquemes, imatges...
- ♦ Prediu el comportament del fenomen en el cas que en variïn les condicions.
- ♦ Utilitza el llenguatge matemàtic adient per expressar relacions entre variables.
- ♦ Comunica el resultat en un informe, en què explica les fases del disseny i realització de la investigació de manera objectiva, clara, ordenada i concisa.

Orientacions tècniques

- ✓ Seguir les normes habituals sobre procediments al laboratori de física i química.
- ✓ És molt recomanable que els alumnes coneguin el document que publica la UPC Estació de soldadura elèctrica amb fil d'estany.

Full de l'alumnat

Objectiu

Construcció d'una fotoporta per mesurar la gravetat terrestre utilitzant una làmina d'obturació.

Introducció

Quan es deixa caure una làmina obturadora a través d'una fotoporta els sectors opacs bloquegen el senyal d'IR de la fotoporta. El temps que triga la làmina obturadora a bloquejar la fotoporta és cada cop més petit. Un programa implementat en Arduino ens permetrà obtenir els instants de temps en què la làmina bloqueja el feix d'IR. Un cop coneguda la distància entre la vora inferior d'una banda opaca i la següent, si representem gràficament els valors $y - t$ podrem deduir el valor de g .

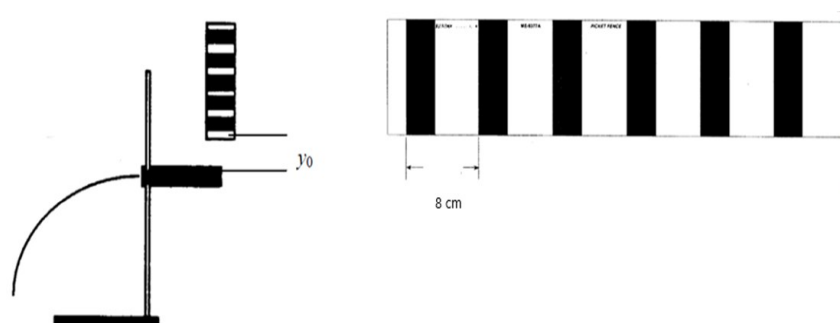


Fig. 4: Muntatge experimental

Material

- ✓ Protoboard i/o placa de soldadura.
- ✓ Cartó ploma, plàstic o peces de LEGO
- ✓ Colzes i tubs de jardineria
- ✓ Resistències de $500\ \Omega$, $1\ \text{k}\Omega$ i $20\ \text{k}\Omega$.
- ✓ Díodes emissor/receptor IR
- ✓ Transistors 2N222 i fototransistors
- ✓ Arduino

Realització

La làmina obturadora es pot fer amb cartó, plàstic o blocs de LEGO. A la figura 5 es mostra, per exemple, com es disposen dos blocs de LEGO, de 4×6 i de 2×10 , per construir la finestra d'obturació de 8 cm.

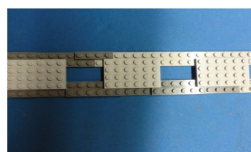


Fig. 5: Làmina d'obturació



Fig. 6: Fotoporta.

La làmina es deixa caure verticalment a través de la fotoporta, que consta d'un LED emissor i un receptor d'IR. L'estructura de la fotoporta (vegeu la figura 6) es pot fer amb tubs i colzes de jardineria. El circuit electrònic genera una sortida de tipus ALT-BAIX (0 – 1) que es pot connectar directament a una de les entrades digitals d'Arduino. Un programa farà la lectura d'aquesta entrada i permetrà detectar quan el feix d'IR és interromput (vegeu la figura 8).

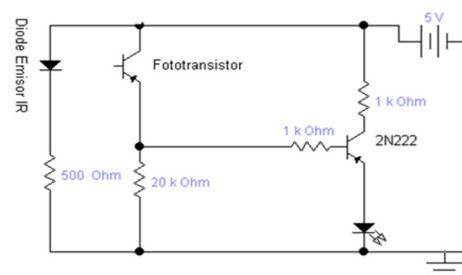


Fig. 7: Circuit electrònic

```
int fotoporta;
int trigger;

unsigned long time

void setup(){
    Serial.begin(9600);
    pinMode(2, INPUT);
    trigger=1;
}

void loop{
    fotoporta=digitalRead(2);
    time=micros();
    if((fotoporta==1) && (trigger==1))
    {
        Serial.println(time);
        trigger=0;
    }
    If(fotoporta==0) && (trigger==0)){
        trigger=1;
    }
}
```

Fig. 8: programa d'enregistrament

La variable fotoporta és 1 quan un objecte interromp el feix d'IR. El nostre sistema enregistra els instants de temps que la làmina obturadora bloqueja el feix d'IR. La variable trigger del programa enregistra l'instant de temps en què la variable fotoporta canvia de 0 a 1. La variable trigger es posa a 0 i el sistema està preparat per detectar l'arribada d'un objecte.

Anàlisi i tractament de les dades

A continuació es recullen els resultats obtinguts amb una làmina d'obturació de 6 o 5 bandes. Ajustant els valors experimentals a una funció polinòmica de segon grau, el coeficient quadràtic proporciona valors propers a $\frac{g}{2}$.

t(s)	y(m)
0,000	0
0,484	0,095
0,537	0,175
0,578	0,255
0,613	0,335
0,645	0,415
0,667	0,48

Fig. 9

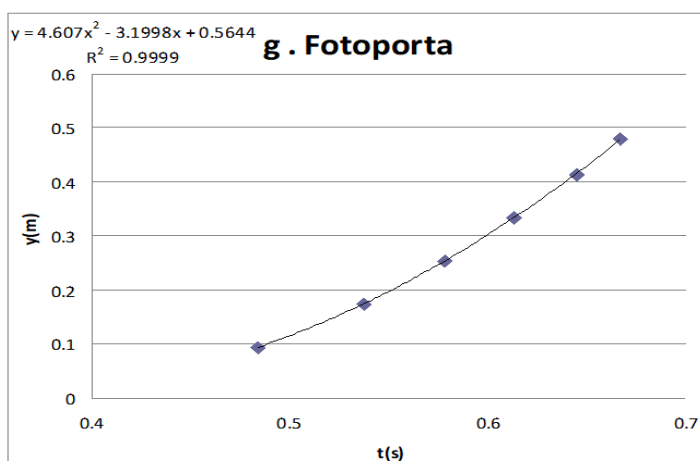


Fig. 10

t(s)	y(m)
0,000	0
0,563	0,095
0,615	0,175
0,655	0,255
0,689	0,335
0,719	0,415

Fig. 11

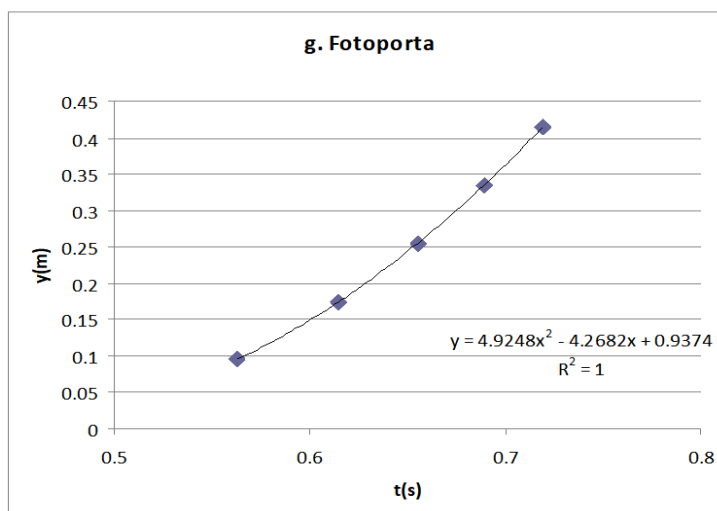


Fig. 12

Qüestionari

- ✓ En la mesura que el temps ho permeti és interessant que els alumnes facin anàlisis posteriors canviant, per exemple, les dimensions de les bandes de la làmina d'obturació.
- ✓ Si es vol aprofundir en el funcionament d'Arduino, els alumnes més interessats en el món de la informàtica poden examinar la possibilitat d'ampliar el programa i enviar les dades directament a un full de càlcul per representar-les.