

Disseny i control en llenguatge C d'un cub de Rubik electrònic basat en LED

Eric Sabio Martínez de Huete

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú, UPC, Av. Víctor Balaguer, 1 Vilanova i la Geltrú, Espanya

Resum

El projecte tracta sobre el disseny i la creació de un cub electrònic que emula el famós joc clàssic del cub de Rubik. El usuari, usant un ordinador qualsevol, 27 sortides digitals d'una plataforma de hardware i un software controlat per un llenguatge de programació determinat, tot connectat entre sí i amb el cub, és capaç de manipular la il·luminació dels 54 LED (light emitting diode) que formen aquesta figura electrònica, a través de un teclat. D'aquesta manera, se li pregunta al usuari per la pantalla del ordinador i a través del programa en qüestió quin moviment del joc permès vol realitzar en cada ocasió i aquest, al executar-lo, provoca que els LED canviïn de color emulant els moviments mecànics del joc tradicional.

1. Introducció

El cub de Rubik és un trencaclosques tridimensional de dimensions 3x3x3 (alçada, llargada i profunditat) inventat al 1974 per el escultor, arquitecta i dissenyador hongarès Erno Rubik.

El joc consisteix en que, inicialment, cada cara del cub conté un color determinat, i aquest es format per un mecanisme de eixos que permet a cadascuna de les seves cares moure's de forma independent, provocant així la barreja dels diferents colors que el formen. L'objectiu del joc és desfer aquesta barreja i aconseguir que cada cara torni a estar formada per un únic color.

És considerada la joguina més venuda arreu del món, superant la xifra dels 350 milions d'exemplars. No és d'estranyar llavors que, en els últims anys, s'hagi volgut explotar aquest fenomen i crear diferents variants del cub més complexes i originals per estímul del consumidor.

Actualment, la tipologia és molt variable i aquests són alguns exemples: Diferents dimensions (2x2x2, 5x5x5, 9x9x9), diferents formats geomètrics (esfèrics, piramidals) o inclús formats electrònics.

Tenint en compte aquest últim format nombrat, s'ha partit de la idea ja creada d'un cub de Rubik electrònic que és il·luminat a partir de LED, per tal de dur-lo a un altre nivell i poder aconseguir diferències respecte els altres cubs electrònics ja existents.

2. Objectius

- Estudi de les variables i elements que intervenen en el projecte per tal de analitzar si aquest és realitzable o no.
- Selecció dels dispositius adients necessaris per tal de dissenyar, executar i controlar el cub.
- Realització de l'esquema electrònic capaç de dur la teoria cap a la pràctica.
- Creació del codi que permet el control de l'esquema.
- Construcció física del projecte.

3. Hardware

En quant a la part física d'aquest disseny, es necessita un microcontrolador acompanyat de la seva arquitectura pertinent, es a dir, una placa electrònica que es pugui adaptar i manipular des del PC.

També són necessaris els transistors i els LED RGB per a poder fer funcionar i donar vida al cub.

Les resistències són elements també presents en el circuit que fan la funció bàsica de regular les diferents corrents i tensions en aquest per aconseguir el correcte funcionament de tots els components.

3.1. Placa Arduino Mega 2560

Per aquest projecte s'ha seleccionat la placa Arduino, concretament el model Mega 2560.

Les plaques de la gamma Arduino són molt completes, tenint tots els components essencials per reproduir multitud de projectes diferents en l'àmbit de l'electrònica. Disposen de connexió USB que els hi proporciona l'alimentació i que permet que aquestes siguin manipulades a nivell de programació mitjançant qualsevol dispositiu electrònic que tingui aquest port d'entrada. També té multitud d'entrades i de sortides per els diferents perifèrics a connectar o connexions a realitzar i el microcontrolador que gestiona les dades de l'usuari.

Aquesta placa disposa de 54 ports d'entrada/sortida, poden usar-se 27 d'aquestes connexions per els LED del cub.



Fig. 1. Plataforma Arduino Mega 2560

3.2. Transistor 2N3904

Aquest dispositiu electrònic és un element semiconductor que ha actuat com un interruptor actiu per al control dels LED. Això significa que aquest deixa o no passar la corrent elèctrica a través seu en funció de les tensions a les quals està sotmès, a diferència d'un element passiu, que hauríem de pressionar directament sobre ell per aconseguir aquest efecte.

Aquest canvi es clau per al disseny, ja que vol dir que es pot sotmetre els transistors a les tensions que proporcioni la placa del microcontrolador, i com que aquesta, al mateix temps, està manipulada per les comandes que l'usuari introdueixi en el programa, significa que els transistors són manejats mitjançant la programació o la informàtica. En conseqüència, connectant aquests amb els LED, s'acaba controlant la il·luminació del cub de Rubik.

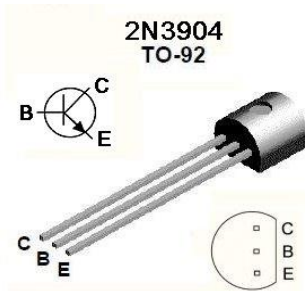


Fig. 2. Transistor 2N3904

3.3. Led's RGB

Es tracta d'un tipus concret que té encapsulat dins seu tres LED: el vermell (red), el verd (green) i el blau (blue), d'aquí el seu nom. Com que es tracta dels tres colors primaris, i aquests poden ser controlats electrònicament mitjançant el dispositiu en qüestió, es pot obrir i tancar el que sigui necessari en cada cas i així, obtenir qualsevol combinació possible de colors.



Fig. 3. Led RGB

4. Software

La part no física del projecte es centra en un programa el qual controli la placa Arduino i, en conseqüència, el cub de Rubik. Per això, farà falta que aquesta aplicació sigui compatible amb la placa per tal de comunicar-se adequadament amb ella. Això també implicarà l'ús d'un llenguatge de programació propi d'aquesta arquitectura per poder aconseguir-ho.

Per altre banda, també s'ha fet ús de un altre programa, però aquest orientat al disseny del esquema electrònic que fa funcionar aquest projecte.

4.1. Programa IDE Arduino

Es tracta de un entorn de desenvolupament integrat (Integer Development Environment). Aquest tipus de software es fonamental per a la elaboració de codi de programació. Té com a objectiu poder compilar (processar el codi) el programa que s'elabora i verificar si aquest té algun error d'escriptura. A continuació, quant aquest es correcte, permet passar les dades del programa a la plataforma del microcontrolador Arduino per tal de que aquest executi el codi esmentat.

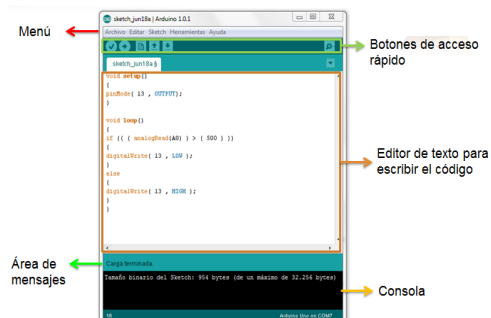


Fig. 4. Entorn IDE Arduino

4.2. Llenguatge C

Es tracta de un llenguatge de baix nivell on un dels seus usos es la programació de microcontroladors. Aquest té compatibilitat amb l'entorn Arduino. El codi d'aquest projecte per el funcionament del cub està basat en aquest llenguatge.

4.2.1. Codi

Tota aquesta part representa el control del projecte, concretament el control del microcontrolador, el qual manipula el cub de Rubik creat a partir de les directrius que se li marquen mitjançant codificació en llenguatge C.

Per establir aquesta part ha estat necessari saber amb total certesa l'objectiu del projecte, és a dir, què té que fer.

D'entrada això sembla evident, però s'ha tingut que analitzar cadascun dels passos a desenvolupar per el cub, per tal de poder estructurar de la millor forma possible tot aquest codi i que aquest realitzi totes les accions en l'ordre indicat i de la forma correcte. Aquest s'ha distribuït en funcions o, el que és el mateix, accions que té que desenvolupar el cub (canvi de color i refresc dels LED, moviment aleatori inicial, etc). D'aquesta manera, s'ha aconseguit que el codi quedi més ordenat i visible i, en conseqüència, amb més facilitat per la correcció d'errors que han anat sorgint durant el procés de creació i proves d'aquest. Això també ajuda als altres usuaris que no han intervingut en el projecte i que vulguin realitzar qualsevol modificació o que simplement vulguin entendre el codi. Per aplicar aquest últim fi, s'hi han afegit comentaris en quasi totes les línies de codi, fent aquest més entenedor.

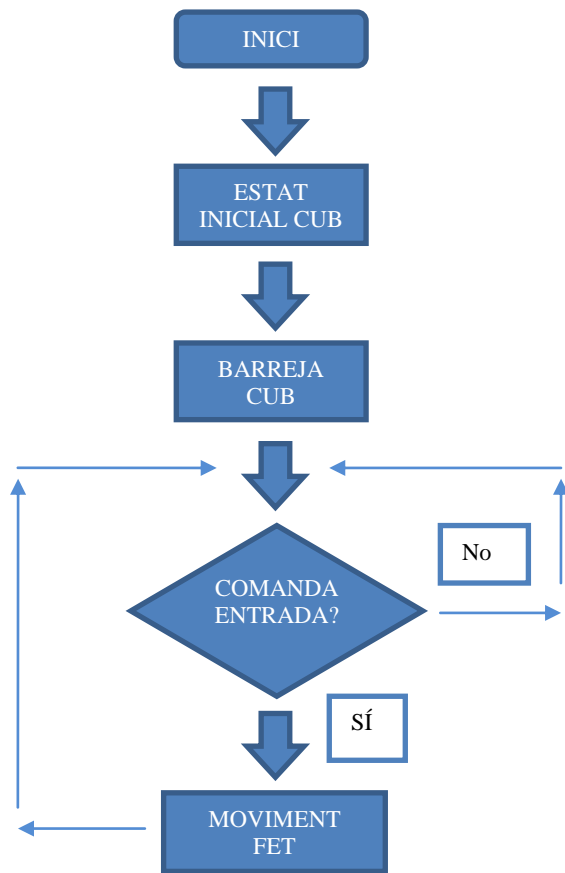


Fig. 8. Diagrama de flux codi programat

4.2.2. Pseudocodi

És important anomenar aquest punt, ja que ha estat el pas previ a la realització del codi definitiu. El pseudocodi és un tipus de descripció del programa en un llenguatge que sigui entenedor per les persones, consistint en explicar pas a pas el codi de programació a realitzar. Amb això s'aconsegueix que l'usuari que vol crear un programa, per tal de poder fer aquest de la forma adient, pugui plasmar les idees d'aquest mitjançant aquest tipus de codificació. Un cop aquest és definitiu, el qual té que poder ser entès per a qualsevol persona sense coneixements de programació, el pas següent es traduir-lo a codi màquina (en aquest cas llenguatge C) per tal que el ordinador compregui que vol fer l'usuari i així ho pugui executar.

Aquest ha estat el procés seguit per poder elaborar el codi d'aquest cub de Rubik.

4.3. Programa KiCad

Es un entorn de software d'ús gratuït (no necessita llicència) usat per el disseny de circuits electrònics, molt flexible i adaptable. Senzill de manejar, amb una corba d'aprenentatge ràpida. Això permet crear diversitat d'esquemes electrònics sense necessitat d'invertir molt temps. També té la capacitat de dissenyar circuits impresos moderns, però per a la creació d'aquest cub de Rubik electrònic només s'ha fet ús de la capacitat esquemàtica i els components del programa.

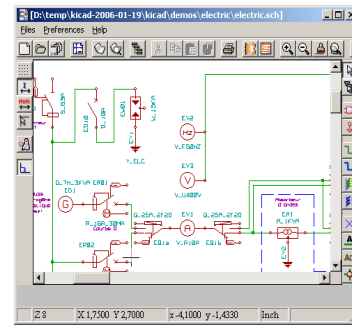


Fig. 5. Entorn KiCad

5. Disseny esquema electrònic

Per tal de poder controlar tots els LED del disseny, com que cadascun d'ells segueix un patró en particular, independentment del que realitzin els altres, farà falta un control individual. Això és degut a que cada LED pot tenir qualsevol dels sis colors dels quals disposa el cub, en qualsevol moment, en funció de les comandes entrades per l'usuari.

Totes aquestes raons han conduït a utilitzar un mètode eficaç per aquests casos, el qual estalvia moltes entrades digitals i el fa viable per ser usat per una placa amb microcontrolador. Aquest sistema consisteix en una matriu de LED.

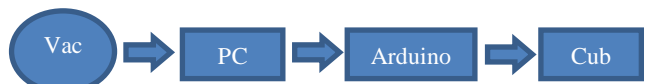


Fig. 6. Blocs esquema electrònic

En definitiva, el projecte queda constituït per un conjunt de blocs que es podrien definir com l'entrada o alimentació que se li proporciona al PC, el qual s'uneix mitjançant el port USB a la placa del microcontrolador, la qual finalment s'uneix a tota l'electrònica del cub que habilita el funcionament dels LED.

6. Model esquema electrònic

Mitjançant la matriu de LED, aquests són controlats de manera eficaç a partir dels transistors i de les resistències. D'aquesta manera es creen sis blocs de matrius, una per a cada cara del cub, les quals son controlades individualment mitjançant el microcontrolador de la plataforma Arduino. Els transistors que estan connectats a les files dels LED pertanyents a cadascun dels blocs de les matrius també són controlats de forma individual, d'aquí que s'aconsegueixi amb èxit manipular les matrius. Com a resultat, tan sols són necessàries l'ús de 27 entrades digitals de la placa Arduino

Mega 2560 (de les 54 que disposa en total) per a controlar un total de 54 LED RGB que conformen el cub de rubik.

7. Color led's del cub

Per tal que aquest projecte pugui simular de la millor forma possible el joc clàssic del cub de Rubik, ha estat necessari escollir el color de la il·luminació dels LED en funció de dos criteris principals: la disponibilitat i facilitat electrònica per poder crear-lo, i la distinció d'aquest respecte els altres. Els tres colors primaris o principals (el vermell, el verd i el blau) que formen part de tots o quasi tots els cubs de Rubik del mercat són fàcils de reproduir. A nivell electrònic es regulen bé, ja que només és necessari tenir en compte un camí de corrent elèctrica el qual es controla amb facilitat amb una resistència i el transistor en qüestió, actuant com a element actiu. Aquests colors primaris queden perfectament definits i nítids a la vista, distingint-se clarament a nivell individual.

Els altres tres colors propis d'un cub de Rubik clàssic són el taronja, el groc i el blanc. El groc s'ha pogut reproduir bé a partir de la barreja del vermell i el verd, és a dir, utilitzant dues vies de corrent elèctrica o dos connexions diferents. El repartiment d'intensitat no ha estat equitatiu, ja que cal tenir en compte que per a fer barreges de colors partint dels tres colors elementals i que cadascun d'ells té una naturalesa lumínica diferent, ha estat necessari canalitzar més corrent elèctrica per al LED vermell que per el verd, ja que aquest últim és molt més intens i, per tant, en fa falta menys per aconseguir l'objectiu. Amb tot això, s'ha aconseguit un color groc amb tonalitat ataronjada ben definit i que es distingeix clarament de la resta. El magenta ha estat la barreja del vermell i el blau. Un altre color fàcil de crear del estil del groc, és a dir, a partir de la barreja de dos colors primaris i per tant fàcils de fer a nivell electrònic que, a més a més, es distingeix clarament de la resta i també queda nítid i ben definit. Finalment, el cian ha seguit el mateix criteri que els dos anteriors, sent la unió del blau i el verd, aconseguint un color òptim i ben realitzat que es distingeix suficient del blau tot i la seva semblança.

8. Nomenclatura cub de rubik

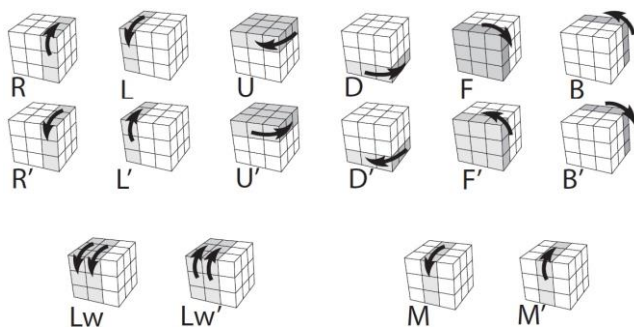


Fig. 7. Moviments i nomenclatures cub de rubik original

Els moviments del cub creat en aquest projecte són possibles gràcies a que l'usuari es comunica amb aquest a través de l'entorn Arduino i, més concretament, a través del port sèrie del que aquest disposa que s'uneix al PC mitjançant una connexió USB. Tenint en compte això i fent ús d'aquest entorn que genera el port sèrie, per facilitar el joc i que resulti familiar a usuaris habituats a experimentar amb aquest, la majoria de moviments es basen en la nomenclatura original (tal com es veu a la figura 9).

S'ha cregut oportú no incloure moviments dobles com són el Lw i Lw', i en canvi incloure dos nous moviments com són el MR i el ML. Ha estat una elecció personal, creient que d'aquesta manera el usuari té més facilitat a la hora de familiaritzar-se i fer ús de les diferents nomenclatures, ja que d'aquesta manera totes elles tan sols constitueixen un únic moviment al mateix temps. Les eliminades representant dos moviments bàsics de forma simultània, creient que això pot representar més confusió al usuari a la hora de resoldre el cub, principalment al novell.

La nomenclatura original fa ús de l'apòstrof (') per designar aquells moviments que van en contra les agulles del rellotge. En el cas del projecte realitzat, s'ha canviat aquesta part per un signe negatiu (-) i els moviments originals que van en el sentit de les agulles del rellotge se'ls hi ha afegit el signe positiu (+).

El criteri per a la realització d'aquests canvis s'ha basat en que el signe de l'apòstrof resulta confús per a l'entorn IDE Arduino quan programem en llenguatge C, ja que és un element reservat en aquest llenguatge i no es pot usar així com així en qualsevol circumstància. Per aquest motiu s'ha fet el canvi esmentat en els moviments negatius, i en conseqüència, també ha estat oportú fer el canvi en els moviments positius per tenir més facilitat a l'hora de programar.

Cal esmentar el fet d'haver introduït també comandes que tenen la capacitat de canviar l'orientació del cub de Rubik, a partir dels seus eixos de coordenades. S'ha cregut que era oportú afegir aquests moviments, tenint en compte que aquest cub no està pensat per a ser manipulat amb les mans. Aquests són els significats de tots els moviments inclosos en aquest projecte:

- R+** → Right (dreta) sentit positiu
- R-** → Right (dreta) sentit negatiu
- L+** → Left (esquerra) sentit positiu
- L-** → Left (esquerra) sentit negatiu
- U+** → Up (amunt) sentit positiu
- U-** → Up (amunt) sentit negatiu
- D+** → Down (a baix) sentit positiu
- D-** → Down (a baix) sentit negatiu
- F+** → Front (frontal) sentit positiu
- F-** → Front (frontal) sentit negatiu
- B+** → Back (esquena) sentit positiu
- B-** → Back (esquena) sentit negatiu
- M+** → Middle (mig) sentit positiu
- M-** → Middle (mig) sentit negatiu
- ML** → Middle Left (mig esquerra)
- MR** → Middle Right (mig dreta)
- X+** → Moviment respecte coordenada "x" sentit positiu
- X-** → Moviment respecte coordenada "x" sentit negatiu
- Y+** → Moviment respecte coordenada "y" sentit positiu
- Y-** → Moviment respecte coordenada "y" sentit negatiu
- Z+** → Moviment respecte coordenada "z" sentit positiu
- Z-** → Moviment respecte coordenada "z" sentit negatiu

9. Conclusions

- S'ha confirmat la viabilitat del projecte, amb el seu anàlisi previ, per tal de poder-lo dur a terme.
- S'han seleccionat de manera adequada els components (placa del microcontrolador, elements electrònics, etc) que ha fet possible la posterior construcció i funcionament del cub.
- S'ha dissenyat de manera òptima i simple un esquema electrònic basat en una matriu de LED capaços d'actuar en funció de les directrius adequades.
- S'ha realitzat un codi basat en el llenguatge C de programació a partir del software Arduino que permet el control i la manipulació del cub.
- S'ha construït un cub de Rubik electrònic amb LED que presenta variacions o modificacions en el seu aspecte respecte de l'original, però suficient per a complir amb l'objectiu marcat.