

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

PANTALLA TÀCTIL PER APLICACIONS EXPERIMENTALS EN ENTRENADOR DIDÀCTIC DE MICROPROCESSADORS.

Avantprojecte

**MARC TORRENTS PÉREZ
PONENT: VICENÇ DELOS**

PRIMAVERA 2015



**TecnoCampus
Mataró-Maresme**

Índex.

Índex de figures.....	III
Índex de taules.....	V
Glossari de termes.....	VII
1.Objecte del projecte.....	1
2.Antecedents i necessitats d'informació.....	3
2.1.Estudi de les diferents tecnologies de pantalles tàctils.....	3
2.1.1.Pantalles tàctils resistives.....	3
2.1.2.Pantalles tàctils capacitatives.....	7
2.2.Panell de visualització.....	8
2.2.1.Matriu de LEDs.....	8
2.2.2.Colors dels leds.....	10
3.Abast del projecte.....	13
4.Objectius i especificacions tècniques.....	15
5.Generació i plantejament de possibles solucions alternatives.....	17
5.1.Pantalla tàctil.....	17
5.1.1.Incorporació del teclat.....	20
5.2.Panell de visualització.....	22
5.2.1.Funcionament de la matriu.....	23
5.2.2.Circuit controlador.....	26
6.Anàlisi de viabilitat.....	31
6.1.Viabilitat tècnica.....	31
6.2.Viabilitat econòmica.....	31
6.2.1.Pressupost del projecte.....	31
6.2.2.Anàlisi de mercat.....	32
6.2.3.Estructura de costos.....	32
6.3.Viabilitat mediambiental.....	34
6.4.Selecció de l'alternativa més adequada.....	34
6.4.1.Pantalla tàctil.....	35
6.4.2.Incorporació del teclat.....	36
6.4.3.Panell de visualització.....	36

6.4.4.Diagrama de blocs i croquis del prototip	37
7.Planificació del projecte	39
8.Pressupost.....	49
8.1.Amidaments	49
8.2.Quadre de preus.....	50
8.3.Pressupost parcial.....	52
8.3.Pressupost global.....	55
9.Referències	57

Índex de figures.

Fig. 2.1. Estructura d'una pantalla tàctil resistiva	4
Fig. 2.2. Elèctrodes en un tàctil resistiu de 4 fils.....	5
Fig. 2.3. Circuit equivalent d'un tàctil resistiu de 4 fils.	5
Fig. 2.4. Elèctrodes en un tàctil resistiu de 5 fils.....	6
Fig. 2.5. Pantalla tàctil capacitativa	7
Fig. 2.6. Matriu d'ànode comú	8
Fig. 2.7. Matriu de càtode comú.....	9
Fig. 2.8. LED encès en la intersecció de la fila 5 i la columna 3	9
Fig. 2.9. Error en la Il·luminació dels LEDs desitjats	10
Fig. 2.10. LEDs estàndards.....	10
Fig. 2.11. Corba de la sensibilitat de l'ull humà.....	11
Fig. 2.12. Espectre visible de la llum	11
Fig. 5.1. Diagrama de blocs de la pantalla tàctil resistiva	19
Fig. 5.2. Diagrama de blocs de la pantalla tàctil capacitativa	20
Fig. 5.3. Teclat matricial numèric de membrana estàndard.....	20
Fig. 5.4. Teclat numèric de PC	20
Fig. 5.5. Teclat de caixa forta	21
Fig. 5.6. Estructura <i>sandwich</i> formada per metacrilat.....	21
Fig. 5.7. Estructura amb guies d'alumini	22
Fig. 5.8. Distribució dels LEDs de manera habitual en una matriu.....	22
Fig. 5.9. Distribució dels LEDs personalitzada.....	23
Fig. 5.10. Il·lustració senzilla del tàctil amb la matriu de LEDs.....	24
Fig. 5.11. Matriu amb tots els LEDs apagats.....	25
Fig. 5.12. Tècnica de la multiplexació per visualitzar els LEDs	26
Fig. 5.13. Visualització del usuari	26
Fig. 5.14. Registre de desplaçament 74HC164	27
Fig. 5.15. Comptador de dècades 4017	27
Fig. 5.16. Connexió bàsica de files i columnes de la matriu sense utilitzar el bus SPI.....	28
Fig. 5.17. Expansor de ports MCP23S17	28
Fig. 5.18. Connexió bàsica de files i columnes de la matriu utilitzant el bus SPI.....	30
Fig. 6.1. Diagrama de blocs del prototip	37

Fig. 6.2. Vista superior del prototip	38
Fig. 6.3. Vista lateral del prototip.....	38
Fig. 7.1. Diagrama de Gantt de l'avantprojecte	42
Fig. 7.2. Diagrama de Gantt de la realització del projecte	46
Fig. 7.3. Diagrama de Gantt de la defensa del projecte	47

Índex de taules.

Taula. 2.1. Determinació de les coordenades d'un tàctil resistiu de 4 fils	6
Taula. 2.2. Determinació de les coordenades d'un tàctil resistiu de 5 fils	7
Taula. 5.1. Comparació entre el tàctil capacitatiu i el tàctil resistiu.....	18
Taula. 5.2. Comparació entre el tàctil resistiu de 4 fils i 5 fils.....	19
Taula. 6.1. Pressupost total del projecte	32
Taula. 6.2 Cost del material amb un 25% de descompte.....	33
Taula. 6.3. Cost unitari per prototip.....	33
Taula. 6.4. Preu de venda unitària del panell tàctil.....	33
Taula. 7.1. Planificació de l'enginyeria bàsica.....	39
Taula. 7.2. Planificació de l'enginyeria de detall	43
Taula. 8.1. Hores destinades al Capítol I: Elaboració del projecte.....	49
Taula. 8.2. Unitats totals Capítol II: Material (I).....	49
Taula. 8.2. Unitats totals Capítol II: Material (II)	50
Taula. 8.3. Preus unitaris Capítol I: Elaboració del projecte.....	50
Taula. 8.4. Preus unitaris Capítol II: Realització del prototip	51
Taula. 8.5. Total Capítol I: Elaboració del projecte	52
Taula. 8.6. Total Capítol II: Material.....	53
Taula. 8.7. Total Capítol III: Amortitzacions	54

Glossari de termes.

ADC	Convertidor analògic-digital
CI	Circuit Integrat
CO ₂	Diòxid de carboni
EUPMT	Escola Universitària Politècnica de Mataró
E/S	Perifèric d'entrada i sortida
GND	Massa
I2C	Bus de comunicació en sèrie
ITO	Òxid d'indi i estany
LED	Díode emissor de llum
PC	Ordinador personal
PCB	Placa de circuit imprès
PET	Membrana flexible de polietilè
SAW	Tàctil d'ona acústica superficial
SIPO	Registre amb entrada sèrie i sortida paral·lela
SPI	Bus d'Interfície de perifèrics sèrie
UPC	Universitat Politècnica de Catalunya
Vcc	Tensió d'alimentació
X	Eix horitzontal en el sistema de coordenades cartesianes
Y	Eix vertical en el sistema de coordenades cartesianes

1. Objecte del projecte

El projecte consisteix en el disseny i construcció d'un panell tàctil amb una matriu de visualització per dur a terme pràctiques, a l'EUPMT, d'E/S en l'entorn del MCLS-modular basats en el microcontrolador C515C (8051).

Consistirà en una pantalla tàctil com a perifèric d'entrada sobreposat a un senzill panell de visualització, de manera que sobre la pantalla tàctil es puguin delimitar zones d'activació. Aquestes zones han de poder respondre a diferents tipus de teclats senzills o altres geometries d'activació.

El panell de visualització haurà d'il·luminar la zona premuda de la pantalla, d'aquesta manera s'obtindrà la validació de la seva activació. Per la creació del panell de visualització s'ha pensat de fer-lo amb una matriu de LEDs. Aquesta matriu haurà de tenir un disseny que sigui capaç de satisfer totes les necessitats.

A nivell de programari es dissenyarà els programes i rutines adients per fer funcionar el panell. Els programes i rutines seran escrits amb llenguatge de programació que s'utilitza en les pràctiques.

2. Antecedents i necessitats d'informació

Un cop clara la idea del que es pretén aconseguir amb aquest projecte s'ha fet un estudi sobre les tecnologies que ofereix el mercat per dissenyar i construir el panell tàctil amb una matriu de visualització. Per decidir les característiques dels elements més apropiats, s'han utilitzat diferents fonts d'informació:

- Pàgines web de distribució de components electrònics industrials.
- Pàgines web i articles sobre desenvolupament de projectes electrònics semblants.

2.1. Estudi de les diferents tecnologies de pantalles tàctils

Una pantalla tàctil és un dispositiu que permet la entrada de dades a altres dispositius electrònics mitjançant una pulsació a la seva superfície. Després de fer una recerca de projectes semblant aquest, s'ha trobat que la majoria treballen amb pantalles tàctil resistives i capacitatives. Al mercat ofereix, apart d'aquestes dues, les pantalles tàctils per infraroig i les pantalles tàctils d'ona acústica superficial (SAW). Aquestes dues últimes han sigut directament descartades ja que pel tipus de projecte que es durà a terme no són les més adequades. Les pantalles tàctils per infraroig poden detectar fàcilment falses pulsacions, mentre que les pantalles tàctils SAW són la tecnologia més precisa i fiable del mercat, aquestes estan orientades per aplicacions més complexes.

2.1.1. Pantalles tàctils resistives.

En general una pantalla tàctil resistiva està composta per una membrana flexible de polietilè suspesa sobre un substrat rígid de vidre o acrílic. Ambdues superfícies estan recobertes amb una pel·lícula conductiva transparent d'òxid d'indi i estany. Les capes conductores d'ITO es mantenen separades per separadors al llarg de les vores de la superfície interna de les dues cares d'ITO. D'aquesta manera no existeix una connexió elèctrica a menys que s'apliqui una pressió sobre la làmina superior (làmina PET).

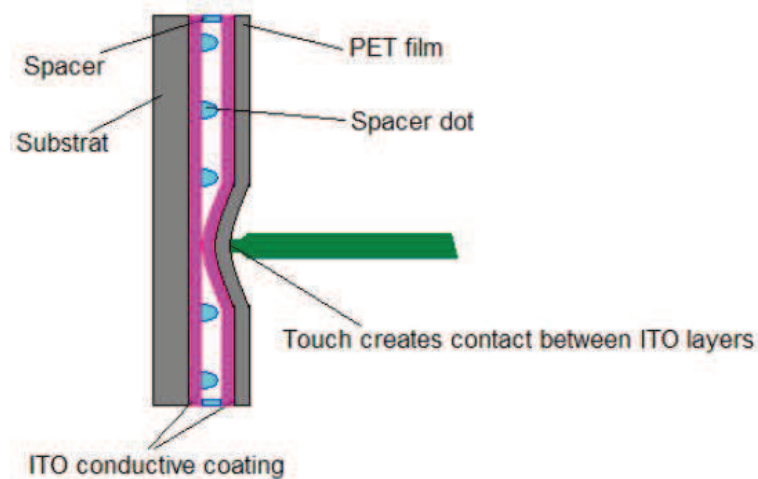


Fig. 2.1. Estructura d'una pantalla tàctil resistiva. *Font: ATMEL Corporation.*

Les pantalles tàctils resistives tenen l'avantatge que poden ser utilitzades amb qualsevol objecte, són econòmics, fiables i versàtils. Per altre banda, com s'utilitzen varies capes de material transparent sobre la pròpia pantalla, es perd lluminositat. També el tractament conductor de la pantalla tàctil és sensible a la llum ultraviolada, això fa que amb el temps es degrada i perdi flexibilitat i transparència.

Es poden trobar diferents models de tàctils resistius segons el número de fils conductors que utilitzen, aquestes poden ser entre quatre i vuit encara que les més utilitzades en el mercat són les de quatre i cinc fils.

- Pantalla tàctil resistiva de 4 fils

Les pantalles tàctils resistives de 4 fils utilitzant un únic parell d'elèctrodes en forma de barra col·locades sobre cada capa d'ITO, on els elèctrodes situats a la làmina superior i en el substrat inferior són perpendiculars entre si. Per poder connectar-los a un controlador, aquests es troben disponibles externament per mitja d'un cable flexible de 4 fils. Els fils es denominen X+ (esquerra), X- (dreta), Y+ (part superior) i Y- (part inferior). La Fig.2.2. mostra els elèctrodes en un tàctil de 4 fils.

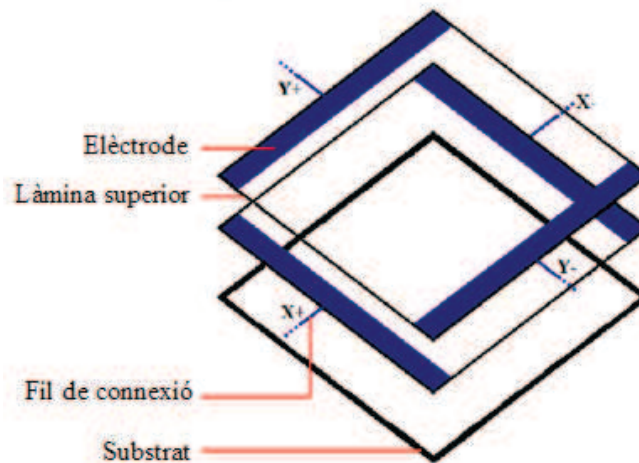


Fig. 2.2. Elèctrodes en un tàctil resistiu de 4 fils. Font: *ATMEL Corporation*.

El mètode que utilitza, per mesurar la posició on s'ha produït el contacte sobre la pantalla, es pots observar en la Fig. 2.3. El punt de contacte “divideix” cada capa en dos resistències en sèrie, i una resistència d'unió entre les dues capes. Mitjançant una simple mesura de voltatge, l'usuari pot obtenir informació sobre la ubicació del punt.

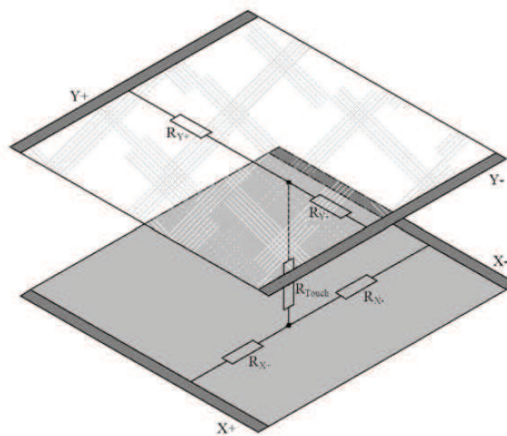


Fig. 2.3. Circuit equivalent d'un tàctil resistiu de 4 fils. Font: *ATMEL Corporation*.

Per obtenir les coordenades completes, el voltatge s'ha d'aplicar primer en un sentit i posteriorment en a l'altre, això significa que el voltatge d'alimentació ha de ser aplicat en una capa per obtenir la mesura a través de la capa oposada.

Per determinar quan una pantalla tàctil es troba en *stand-by* i és activada, és recomanable que una de les línies de mesura generi una interrupció en el microcontrolador.

	X+ _{Excite}	X- _{Excite}	Y+ _{Excite}	Y- _{Excite}
Standby	Gnd	Hi-Z	Hi-Z	Pull up / Int
X-Coordinate	Gnd	Vcc	Hi-Z	Hi-Z / ADC
Y-Coordinate	Hi-Z	Hi-Z / ADC	Gnd	Vcc

Taula. 2.1. Determinació de les coordenades d'un tàctil resistiu de 4 fils.

- Pantalla tàctil resistiva de 5 fils

Igual que una pantalla tàctil de 4 fils, una pantalla resistiva de cinc fils també es compon de dues capes resistives transparents separades per separadors aïllants. La capa superior només actua com a sonda de mesurament de tensió. Les quatre cantonades de la capa inferior s'utilitza per produir gradients de tensió en les direccions X i Y.

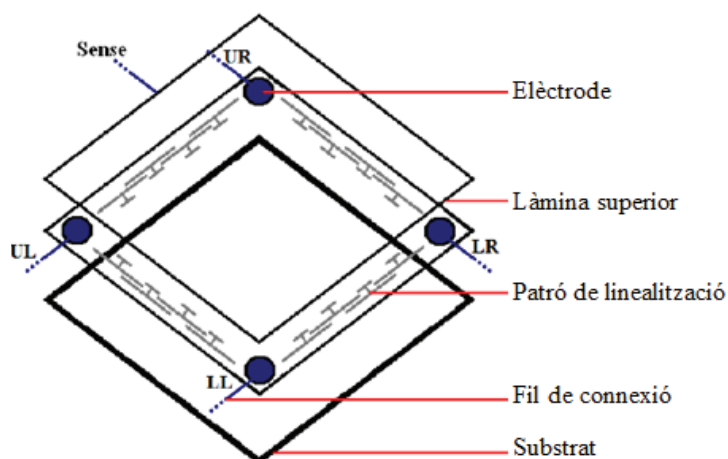


Fig. 2.4. Elèctrodes en un tàctil resistiu de 5 fils. Font: ATMEL Corporation.

Quatre cables es connecten als elèctrodes, aquests es poden anomenar UL (Superior esquerra), UR (Superior dreta), LL (Inferior esquerra) i LR (Inferior dret). El cinquè cable està connectat a la capa superior per detectar la tensió del elèctrode.

Per obtenir les coordenades completes, el gradient de voltatge s'aplica sobre la capa de substrat un cop en direcció horitzontal per determinar la coordenada Y i un cop en direcció vertical per determinar la coordenada X.

Normalment, el cinquè cable s'encarrega d'enviar una interrupció quan la pantalla es troba en *stand-by* i passa a activar-se.

	UL _{Excite}	UR _{Excite}	LL _{Excite}	LR _{Excite}	Sense
Standby	Gnd	Hi-Z	Hi-Z	Hi-Z	Pull up / Int
X-Coordinate	Gnd	Vcc	Gnd	Vcc	Hi-Z / ADC
Y-Coordinate	Gnd	Gnd	Vcc	Vcc	Hi-Z / ADC

Taula. 2.2. Determinació de les coordenades d'un tàctil resistiu de 5 fils.

2.1.2. Pantalles tàctils capacitatives

Una pantalla capacitativa està coberta d'un material que acostuma ser òxid d'indi i estany. D'aquesta manera permet dirigir un corrent elèctric continu a través d'un petit sensor situat a la pantalla. Aquest sensor controla amb precisió mil·limètrica el eix vertical i horitzontal de la pantalla mitjançant un camp d'electrons, adquirint capacitat elèctrica.

El ésser humà té electrons, per tant també disposa de capacítància. Quan el camp de capacítància normal del sensor (estat de referència) és alterat per un altre camp de capacítància, com pot ser el dit d'una persona, els circuits electrònics situats a cada cantonada de la pantalla, mesuren la "distorsió" resultant en la ona sinusoidal característica del camp de referència. Posteriorment, envia la informació al controlador pel seu processament matemàtic i d'aquesta forma es coneix la posició de contacte sobre la pantalla. Per tant, aquest tipus de pantalla només és pot utilitzar amb el dit o amb un objecte que disposi de capacítància.

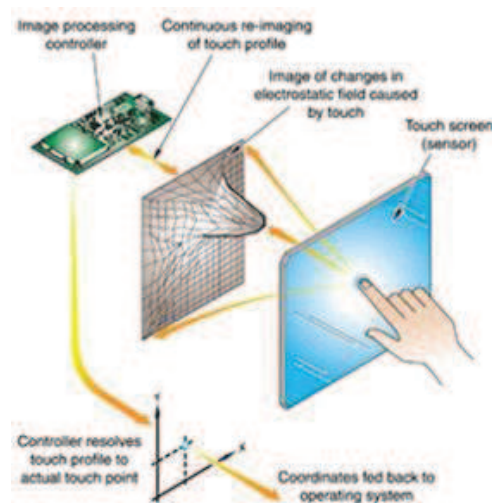


Fig. 2.5. Pantalla tàctil capacitativa. *Font: web androidsis.*

Les pantalles tàctils capacitatives tenen una millor visibilitat a través d'elles respecte les resistives i una gran avantatge és que aquest tipus de tàctil pot detectar varis punts de contacte a la vegada (Multi-touch). Per altra banda, el cost és més elevat, i la seva precisió és inferior a la d'una pantalla resistiva.

2.2. Panell de visualització.

Com s'ha comentat en punts anteriors, el panell de visualització haurà de ser capaç de satisfer les diferents geometries que es puguin utilitzar a la pantalla tàctil. Per tant, aquest panell de visualització requerirà una estructura determinada.

La tecnologia més adequada per satisfer els requeriments del panell és la tecnologia LED Així que, s'utilitzarà LEDs individuals per formar una matriu amb les dimensions desitjades.

2.2.1. Matriu de LEDs

Una matriu de LEDs està formada per un número específic de columnes i files. Cada intersecció entre columna i fila conté un LED.

Les matrius es diferencien unes de les altres respecte el terminal dels LEDs (ànode o càtode) que correspondran a les files o columnes, és a dir, hi ha matrius d'ànode comú o matrius de càtode comú. Les matrius d'ànode comú es defineixen així perquè tots els terminals dels ànodes dels LEDs són comuns a les files de la matriu, tal com es veu a la Fig. 2.6, mentre que les matrius de càtode comú és a l'inrevés, tal com es veu a la Fig. 2.7.

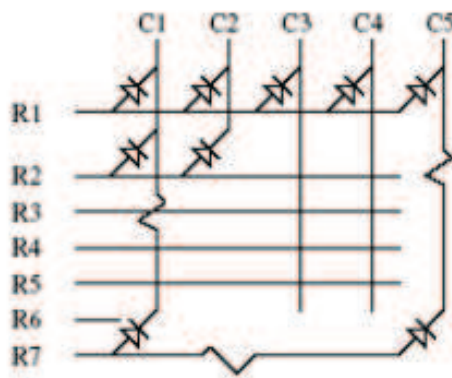


Fig. 2.6. Matriu d'ànode comú. *Font: TFG Carlos Orlando*

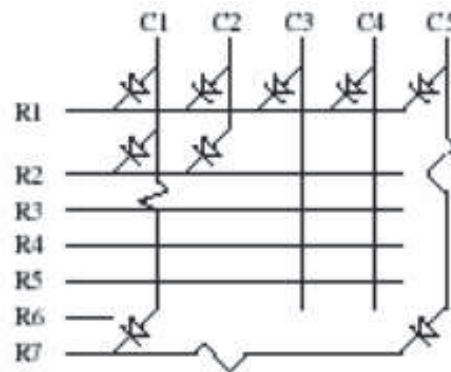


Fig. 2.7. Matriu de càtode comú. *Font: TFG Carlos Orlando*

Un cop vista l'estructura de la matriu, s'estudiarà ara el seu funcionament. Per encendre un led específic s'ha de complir una intersecció entre la columna i la fila corresponent. Per exemple, si s'utilitza una matriu d'ànode comú, per encendre el led que es mostra en la Fig. 2.8 , la columna 3 ha de rebre un "0" mentre que la fila 5 ha de rebre un "1".

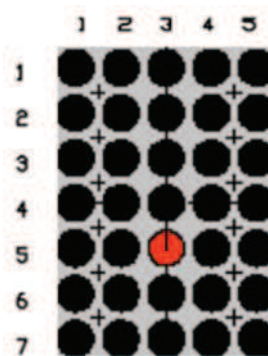


Fig. 2.8. LED encès en la intersecció de la fila 5 i la columna 3. *Font: CECyT*

Com s'ha vist anteriorment, encendre un led no té cap complexitat. Però quan es vol crear diferents formes a la matriu, el funcionament es complica. Per exemple, si a la primera fila es desitja il·luminar el led de la primera columna, i a la segona fila, es desitja il·luminar el led de la segona columna, al tenir constantment alimentades a positiu les dues files i a negatiu les dues columnes, s'encendran sempre els quatre leds de la cantonada superior esquerra, tal com es veu a la Fig. 2.9.

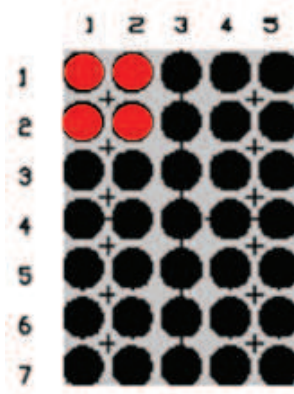


Fig. 2.9. Error en la Il·luminació dels LEDs desitjats. *Font: CECyT.*

Per solucionar-ho existeixen dues solucions:

- Controlar tots els LEDs de la matriu de forma individual.
- Utilitzar la tècnica de refresc dinàmic per multiplexació de files i columnes.

2.2.2. Colors dels leds.

En el mercat es pot trobar diversos tipus de LEDs, diferents colors, mides, etc. Per saber quins són els LEDs que més s'utilitzen en aquests tipus d'aplicació s'han consultat diferents projectes que treballen amb matrius de LEDs. Els projectes generalment utilitzen LEDs estàndard d'un sol color, amb un diàmetre de 5 mm.

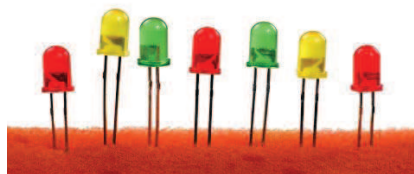


Fig. 2.10. LEDs estàndards. *Font: web micropik*

Actualment, es pot trobar diferents colors de LEDs, però l'ull humà no és igual de sensible a tots els colors. L'ull humà només és capaç de percebre un rang limitat de longituds d'ona, aquest interval va de 380 nm a 780 nm i s'anomena espectre visible de la llum. Aquests extrems corresponen, respectivament, als colors violeta, a les longituds d'ona més curtes, i

als colors vermells, a les longituds d'ona més llargues. La longitud d'ona amb una sensibilitat màxima per l'ull humà és de 555 nm la qual correspon a un color groc-verd.

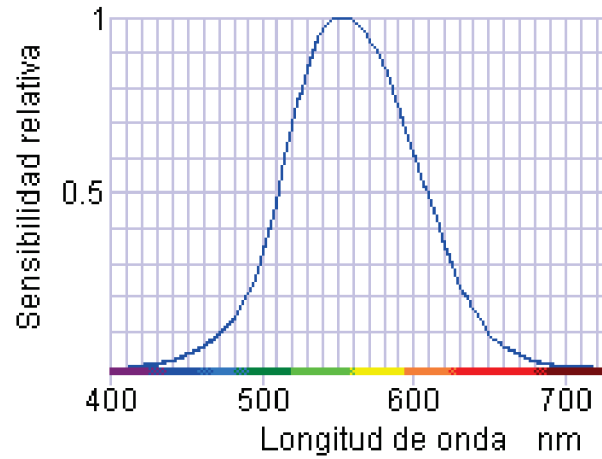


Fig. 2.11. Corba de la sensibilitat de l'ull humà. *Font: CITCEA*

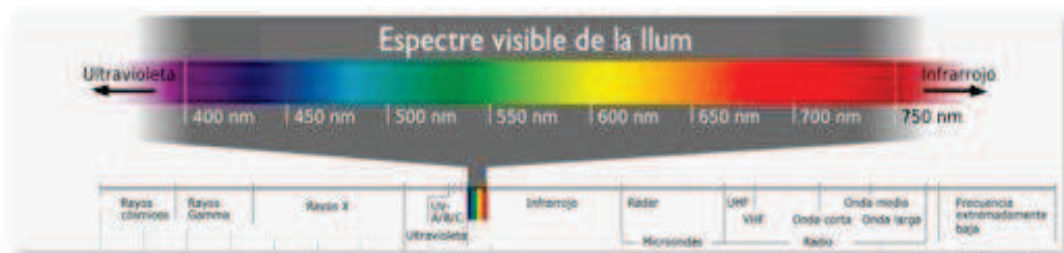


Fig. 2.12. Espectre visible de la llum. *Font: Wikipedia.*

3. Abast del projecte

Com s'ha explicat anteriorment aquest projecte es centra en la realització d'una pantalla tàctil amb una matriu de visualització. Aquest panell tàctil serà construït per ser utilitzat sobre la plataforma MCLS-modular basats en el microcontrolador C515C (8051). en algunes pràctiques de programació.

Els objectius a complir són el disseny i realització d'un prototip que permeti verificar el funcionament del panell tàctil per posteriorment poder seriar-ne la seva fabricació per a totes les bancades de pràctiques. Per tant, es realitzarà el disseny del circuit imprès, la memòria de fabricació i el manual d'usuari, el qual explicarà el seu funcionament.

Pel que fa el disseny físic del prototip, s'haurà de tenir en compte que a través de la pantalla tàctil s'haurà de visualitzar la geometria del teclat que s'utilitzi com a entrada de dades i la il·luminació de la matriu de LEDs per la verificació de l'activació de la pantalla. Per aquesta raó, s'estudiaran diferents solucions de disseny que permetin complir aquests requisits.

A nivell de programari es dissenyarà un programa test per la validació del prototip. Un cop validat el seu funcionament, es realitzaran rutines específiques pel funcionament de diferents geometries de teclat que puguin utilitzar-se com a entrada de dades.

Per últim, destacar que en aquest projecte no es realitzaran els estudis i les proves necessàries per a l'homologació del producte.

4. Objectius i especificacions tècniques

Una vegada deixat clar que és el que contempla aquest projecte, aquest ha de satisfer o complir uns objectius amb les seves especificacions tècniques associades:

- Dimensions adequades a l'entorn de treball
 - Dimensió aproximada del Tàctil: 100 x 120 mm.
 - Dimensió aproximada de la matriu de LEDs : 85 x 100 mm.
 - Diàmetre dels LEDs: 5mm
- Interconnexionat
 - Port E/S
 - Port sèrie pel control de la matriu
 - +5 V proporcionats per la placa MCLS-modular
 - GND placa MCLS-modular
- Construcció matriu de LEDs
 - Longitud d'ona dels LEDs aproximada als 555 nm.
 - Consum mínim.
 - Utilització del menor numero de línies E/S pel seu control.
 - Activació en forma dinàmica utilitzant una topologia matricial.

5. Generació i plantejament de possibles solucions alternatives

L'estudi de la solució del projecte es dividirà en 2 blocs principals:

- Pantalla tàctil
- Panell de visualització

5.1. Pantalla tàctil

La pantalla tàctil és el dispositiu que s'utilitzarà com a perifèric d'entrada, aquesta estarà configurada per funcionar com un teclat per entrar dades al microprocessador. La mida del tàctil serà aproximadament de 100 x 120 mm. S'ha escollit dues tecnologies com a possibles solucions, la resistiva i la capacitativa. Cada una té les seves avantatges i els seus inconvenients, per tant es valorarà quina conté les característiques més adequades per aquest projecte. La taula 5.1. mostra una comparació entre aquests dos tipus de tàctils.

Dins de les pantalles resistives es pot trobar diferents models. Les opcions que es plantejant en aquest projecte són els tàctils resistius de 4 fils o 5 fils. La taula 5.2. mostra una comparació entre els dos tàctils.

La connexió entre microprocessador i pantalla tàctil variarà depenent si s'utilitza un tàctil capacitatiu o un resistiu. Si es tria un tàctil resistiu, aquest es connectarà de forma directa a través del port d'entrada Analògic/Digital del microprocessador, per permetre l'obtenció de les coordenades de la zona que han sigut polsades per l'usuari i posteriorment enviar la informació al panell de visualització.

Per altre banda, si s'utilitza un tàctil capacitatiu, com s'ha explicat anteriorment, aquest necessita un controlador per traduir la informació que prové del tàctil i convertir-la en coordenada. Això significa que la connexió entre microprocessador i tàctil no serà directa, sinó, que entremig s'haurà d'incorporar un controlador perquè el microcontrolador sigui capaç d'entendre la posició que ha estat polsada per l'usuari.

Característica	Tàctil resistiu	Tàctil capacitatiu
Cost	Competitiu	Molt alt en comparació al tàctil resistiu
Visibilitat a interiors	Molt bona	Molt bona
Visibilitat amb llum solar	Habitualment dolenta, la quantitat de capes provoca que hi hagi un alt reflex de la llum ambiental.	Generalment molt bona. Aquest tipus de pantalla no té capes extres.
Sensibilitat al tacte	Es requereix fer una pressió i es pot utilitzar amb qualsevol tipus d'objecte, amb un llapis, amb els dits, amb guants, etc.	Només funciona amb el contacte de la pell o amb un objecte que tinguin capacítància.
Precisió	Precisió fins a la mida d'un píxel.	Precisió d'uns pocs píxels.
Cost	Són les més barates que es poden trobar al mercat actualment.	Tenen un cost més elevat, entre un 10% i un 50% depenent del fabricant.
Multi-tàctil	No, aquest tipus de tàctil només és capaç de detectar un punt de contacte.	Sí, aquest tipus de tecnologia permet detectar més d'un punt de contacte a la vegada.
Durabilitat	La làmina superior del tàctil està formada per polièster, això fa que siguin més propenses a tenir rallades, però també provoca que sigui difícil de trencar-se al rebre algun cop. Aquest tipus de pantalla requereix ser calibrada cada un cert temps.	La pantalla de vidra fa que sigui més resistent a les rallades, però això fa que sigui més fràgil als cops.
Ambient de treball	Té un ampli rang de funcionament. De -15°C fins 55°C.	La temperatura d'operació és entre 0°C i 35°C normalment.

Taula. 5.1. Comparació entre el tàctil capacitatiu i el tàctil resistiu.

Característiques	4-fils	5-fils
Cost	Competitiu	Un cost més elevat respecte les de 4 fils.
Danys a la capa superior	Tan la capa superior com la capa inferior s'utilitzen per mesures de voltatge i per tant si la capa superior es danyada, la pantalla tàctil presentarà errors de funcionament.	Sols la capa inferior s'utilitza per mesures de voltatge. Per tant, si la pantalla superior es danyada, la pantalla tàctil segueix treballant correctament.
Necessitat de tornar a calibrar	Es necessari calibrar el tàctil després d'un temps a causa de la flexió constant que es produeix en la capa exterior. Aquesta flexió constant pot causar esquerdes microscòpiques en el revestiment ITO, canviant les seves característiques elèctriques, degradant la linealitat i exactitud d'aquest eix.	Molt baixa, ja que la capa superior actua només com una sonda de mesurament de voltatge.
Resistència als impactes	Alt, ja que normalment la capa inferior esta formada per un plàstic de policarbonat.	Baix, ja que la capa inferior esta formada per substrat de vidre.

Taula. 5.2. Comparació entre el tàctil resistiu de 4 fils i 5 fils.

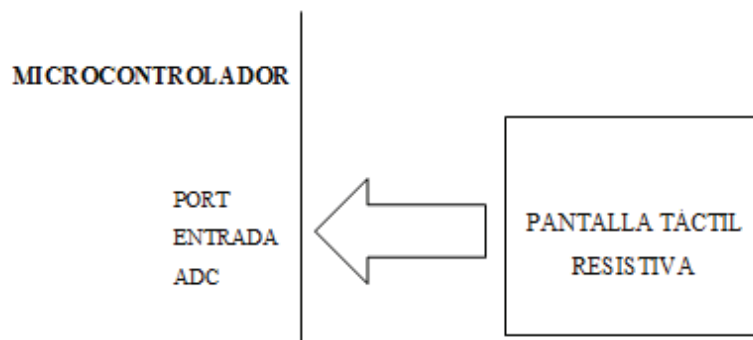


Fig. 5.1. Diagrama de blocs de la pantalla tàctil resistiva. Font: elaboració pròpia.

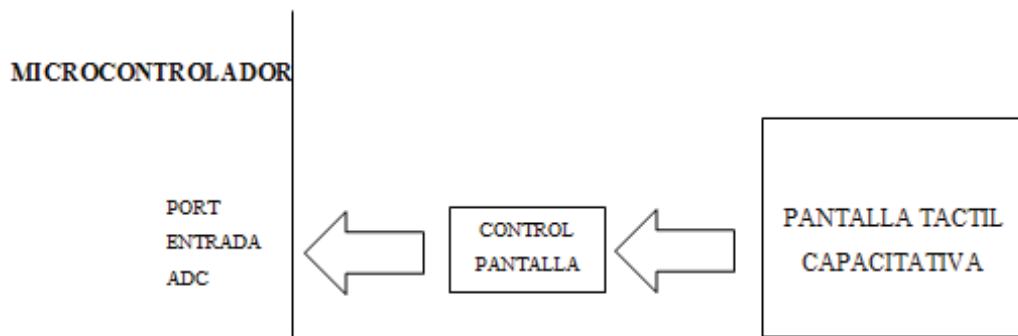


Fig. 5.2. Diagrama de blocs de la pantalla tàctil capacitativa. *Font: elaboració pròpia.*

5.1.1. Incorporació del teclat

Un cop explicat les possibles solucions per l'elecció del tàctil, cal determinar quines podrien ser les geometries d'activació a utilitzar, ja que poden tenir qualsevol forma dependent de l'aplicació a que es destinin.

Donat que en aquest projecte no es concreta una aplicació determinada utilitzarem els següents sinòtics:

- Teclat matricial numèric de membrana estàndard



Fig. 5.3. Teclat matricial numèric de membrana estàndard. *Font: web geekfactory.*

- Teclat numèric de PC



Fig. 5.4. Teclat numèric de PC. *Font: web gopixpic*

- Teclat de caixa forta.



Fig. 5.5. Teclat de caixa forta. *Font: web Arduino*

Com la idea és treballar amb diferents geometries de teclat, s'ha buscat solucions que permetessin visualitzar, a la pantalla tàctil, el teclat que s'està utilitzant en aquell moment i que a la vegada sigui fàcil de reemplaçar-lo per un altre. Una característica important és que el teclat a de permetre visualitzar la il·luminació dels LEDs per verificar el funcionament. Amb aquests requeriments s'ha pensat en dues possibles solucions:

- Estructura *sandwich*: S'utilitza una estructura *sandwich* formada per dues peces de metacrilat i entre mig de les dues hi anirà una làmina de plàstic transparent, en el qual hi haurà dibuixat el teclat que s'utilitzarà com a entrada de dades. S'utilitza una làmina de plàstic transparent perquè és un material que permet la visualització a través d'ell i a més a més es pot dibuixar o imprimir qualsevol geometria de teclat.

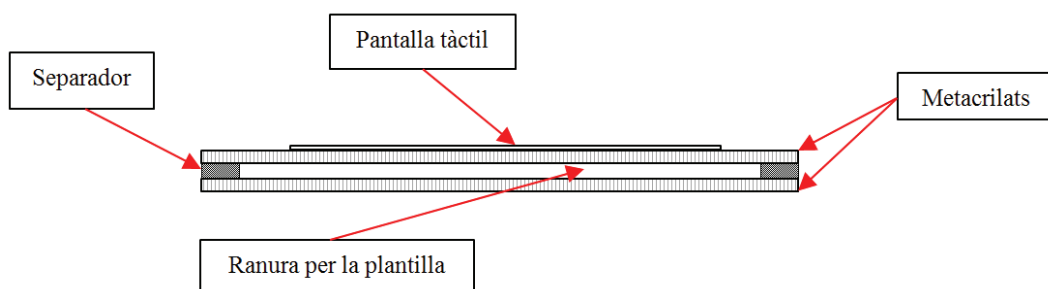


Fig. 5.6. Estructura *sandwich* formada per metacrilat.

- Guiies d'alumini: La geometria dels diferents teclats que es puguin utilitzar com a entrada de dades estaran gravats en diferents peces de metacrilat. Aquest anirà col·locada sota la pantalla amb unes guies d'alumini, les quals permetran treure'l i posar-lo fàcilment.

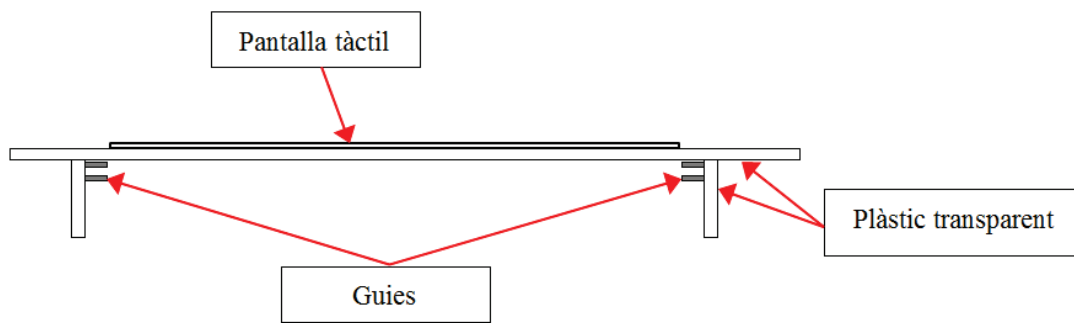


Fig. 5.7. Estructura amb guies d'alumini. *Font: elaboració pròpia.*

5.2. Panell de visualització

Per la construcció de la matriu de LEDs, s'ha dissenyat dues possibles solucions. La primera solució utilitza una distribució dels LEDs habitual en una matriu, tal com es veu a la Fig. 5.19, mentre que la Fig. 5.20 mostra la segona solució, la qual és una distribució personalitzada, adaptada a les possibles geometries de teclat que podrien ser utilitzades en el panell tàctil.

El nombre de LEDs en que s'ha dissenyat les dues matrius no ha sigut a l'atzar, sinó que s'ha treballat en la recerca d'obtenir la millor il·luminació dels teclats, el resultat obtingut ha sigut de 20 LEDs pel disseny de la Fig. 5.19. i 32 LEDs pel disseny de la Fig. 5.20.

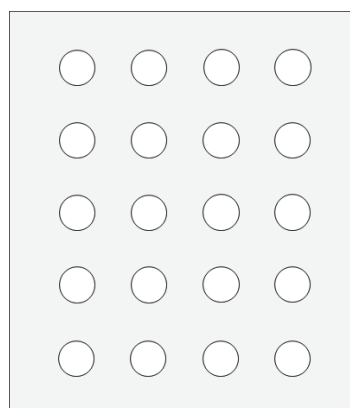


Fig. 5.8. Distribució dels LEDs de manera habitual en una matriu. *Font: elaboració pròpia.*

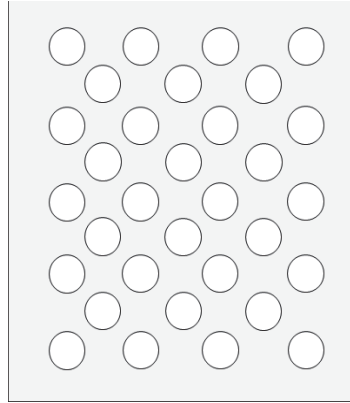


Fig. 5.9. Distribució dels LEDs personalitzada. *Font: elaboració pròpia.*

Els LEDs que s'utilitzaran per la construcció de la matriu seran LEDs normals amb un diàmetre de 5 mm i el color podrà ser groc o verd.

5.2.1. Funcionament de la matriu

Pel funcionament de la matriu s'utilitzarà la tècnica de la visualització dinàmica per multiplexació de files i columnes. Aquesta consisteix en activar només una columna un cert temps, després apagar-la i encendre la següent. Les files en canvi són les que s'encarregaran d'indicar en cada instant si el LED estarà encès o no.

L'estructura que segueix és la següent:

- Escriure el valor a les files.
- Activar la primera columna.
- Esperar un temps.
- Desactivar columna.
- Escriure el següent valor a les files.
- Activar la següent columna.
- Esperar un temps.

Això es va repetint fins arribar a l'última columna de la matriu, llavors l'execució de la multiplexació torna el principi i es torna a repetir. Això passa tan ràpid, que l'ull humà, té la percepció de que els LEDs estan encesos constantment.

A continuació es mostra unes il·lustracions de la tècnica de la visualització dinàmica per multiplexació de files i columnes. La matriu que s'utilitza per les il·lustracions no és la que serà utilitzada en el projecte, simplement s'ha dibuixat una a l'atzar, ja que, el que és realment important, és entendre el refresc de la matriu.

La Fig. 5.21. mostra un dibuix molt simple del panell tàctil. Quan la pantalla tàctil és premuda per l'usuari, aquesta envia la informació al microcontrolador, on a partir de les rutines adients s'identificarà la coordenada premuda. Un cop el microcontrolador té la coordenada de la zona premuda del tàctil, relacionarà la coordenada amb el LED o LEDs corresponents.

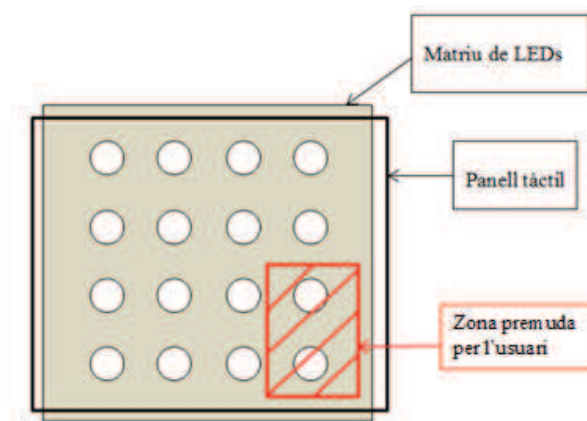


Fig. 5.10. Il·lustració senzilla del tàctil amb la matriu de LEDs. *Font: elaboració pròpia.*

La Fig. 5.22. mostra la matriu amb tot els LEDs apagats, aquest estat correspon abans de que l'usuari premi la pantalla tàctil. Es pot observar com cada fila i columna està controlada per un bit, el qual determina l'estat en que es troba el LED situat a la intersecció entre fila i columna.

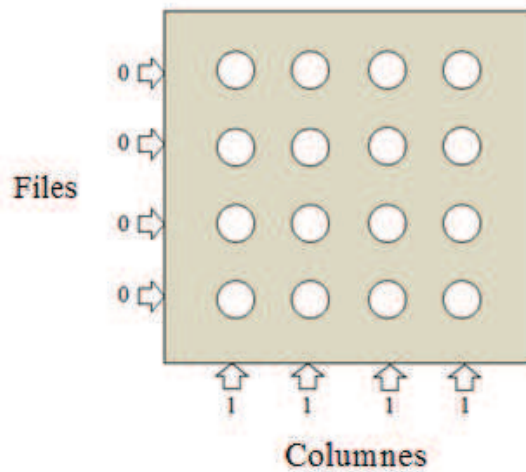


Fig. 5.11. Matriu amb tots els LEDs apagats. *Font: elaboració pròpia.*

Un cop l'usuari a premut la pantalla tàctil i el microcontrolador ha identificat els LEDs que hauran de ser il·luminats, és quan entra en acció la tècnica de la visualització dinàmica, tal i com es veu a la Fig. 5.23.

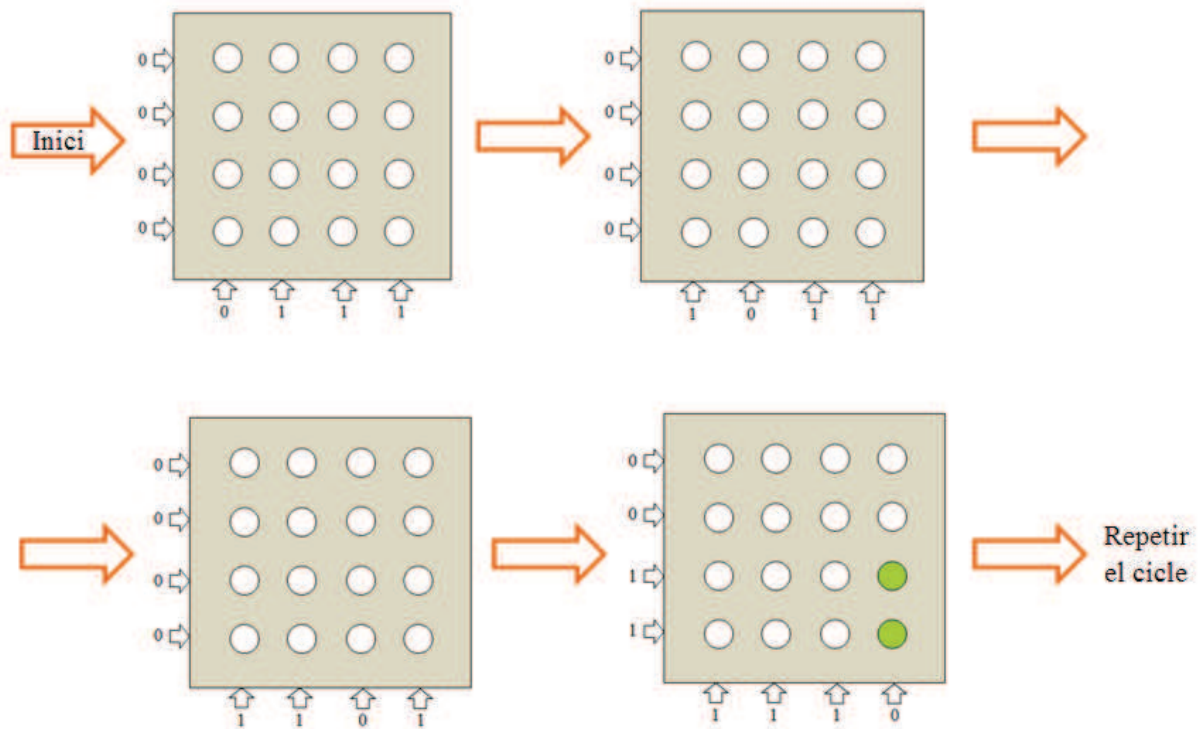


Fig. 5.13. Tècnica de la multiplexació per visualitzar els LEDs. *Font: elaboració pròpia.*

Quan aquest procés es repeteix a una velocitat en que el parpelleig dels LEDs no pot ser detectat per l'ull humà, s'obté el resultat desitjat, el qual es mostra en la Fig. 5.24.

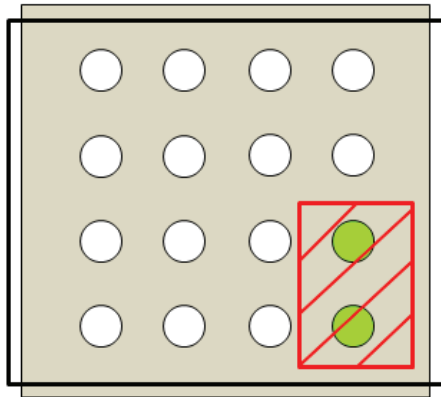


Fig. 5.12. Visualització del usuari. *Font: elaboració pròpia.*

5.2.2. Circuit controlador

Per aplicar la tècnica de la multiplexació s'han proposat varies solucions. Aquestes solucions es poden separar en utilització o no utilització del bus SPI. Es planteja la utilització del bus SPI, ja que el microcontrolador C515C utilitzat en el laboratori d'electrònica no disposa de bus I2C.

- No utilització del bus SPI.

Els circuits integrats que s'han triat per fer la multiplexació de les columnes són els següents:

- Registre de desplaçament: Existeixen quatre combinacions bàsiques que defineixen el tipus de registre de desplaçament, però per aquest projecte només és interessant el registre de desplaçament anomenat SIPO, ja que té l'estructura ideal per a la multiplexació de les columnes. El registre de desplaçament SIPO, que més s'utilitza amb matrius de LED, és el 74HC164 FIG, aquest és un registre de desplaçament de 8 bits, amb entrada sèrie i sortida paral·lela. El microcontrolador només necessitarà 2 pins per controlar-lo, un per la transmissió de les dades i l'altre pel polsos del clock. També té una entrada pel reset, però per aquest tipus de projecte es pot ometre la seva connexió al microcontrolador, ja que no s'utilitzarà.

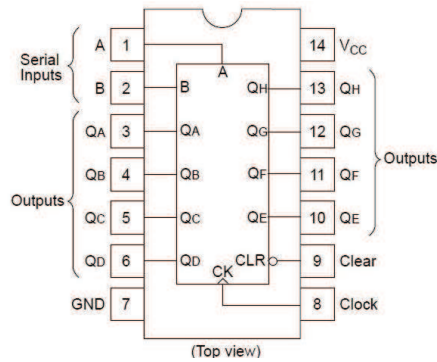


Fig. 5.14. Registre de desplaçament 74HC164. Font: *web electronica60norte*.

- Comptador de dècades: El comptador de dècades 4017 té un funcionament ideal per a la multiplexació. El microcontrolador només necessitarà utilitzar 2 pins per controlar-lo, un per els polsos del clock i l'altre pel reset, ja que aquest CI no necessita una entrada de dades. Perquè funcioni de la manera ideal per la multiplexació, l'entrada de l'habilitació del clock haurà d'anar connectada a massa, ja que d'aquesta forma quan el comptador arribi el final del cicle, aquest tornarà a començar.

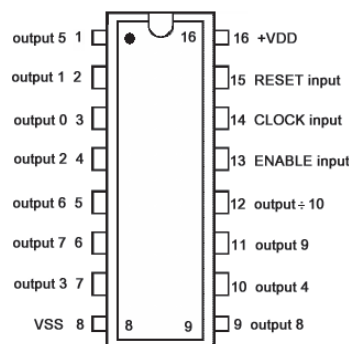


Fig. 5.15. Comptador de dècades 4017. Font: *web hispavila*.

Pel que fa les files, en els dos casos seran controlades directament per un port d'E/S del microcontrolador.

Per controlar el corrent que circularà pels LEDs, s'utilitzaran els drivers adequats.

A continuació la Fig. 5.27. mostra un esquema molt bàsic del control de la matriu si finalment s'aplica aquesta solució. Es pot observar com les files van connectades al port d'E/S del microcontrolador mentre que les columnes son controlades pel circuit integrat, el

qual rebrà ordres del microcontrolador. Com encara no s'ha escollit quina distribució de LEDs s'acabarà utilitzant s'ha fet la connexió amb els dos dissenys proposats.

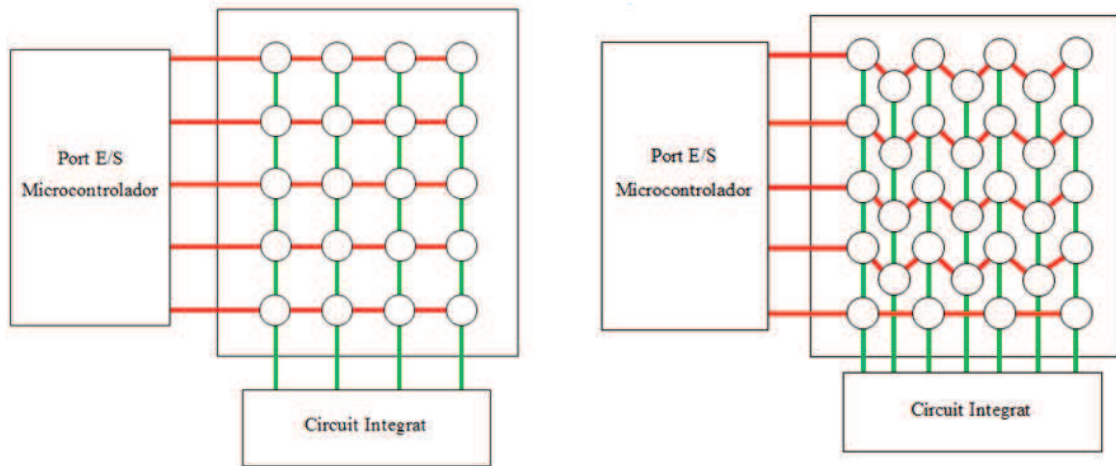


Fig. 5.16. Connexió bàsica de files i columnes de la matriu sense utilitzar el bus SPI. *Font: elaboració pròpia.*

- Utilització del bus SPI.

El circuit integrat que aniria connectat al bus SPI seria un expansor de ports. El expansor de ports que s'utilitzaria seria el MCP23S17.

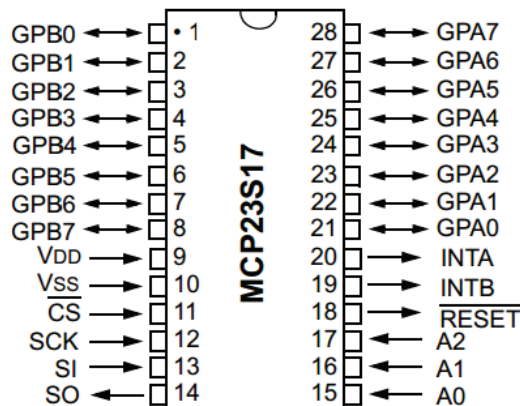


Fig. 5.17. Expansor de ports MCP23S17. *Font: web dz863.*

El microcontrolador es comunica amb l'expansor de ports MCP23S17 utilitzant la comunicació serial (SPI). L'avantatge d'aquesta comunicació és que només quatre línies són utilitzades per transmetre i rebre les dades simultàniament.

- Slave Input (SI) - Entrada del MCP23S17 que va connectada a la sortida de microcontrolador (Master Output).
- Slave Output (SO) - Sortida del MCP23S17 que va connectada a l'entrada del microcontrolador (Master input).
- Serial Clock (SCK) - Senyal de rellotge del microcontrolador.
- Chip Select (CS) - Habilita la transmissió de dades.

La transmissió de dades es realitza en ambdues direccions simultàniament per mitjà dels pins SI i SO. La línia SI s'utilitza per la transmissió de dades del microcontrolador al expansor de ports, mentre que la SO, innecessària en aquest projecte, transmet les dades del expansor de ports al microcontrolador. El microcontrolador inicia la transmissió de dades quan el pin \overline{CS} rep un zero (0V), i quan envia la senyal de rellotge SCK s'inicia l'intercanvi de dades.

Pel control de les columnes i les files s'utilitzarà els dos ports de 8 bits que ofereix el MCP23S17. Un port anirà destinat al control de les columnes i l'altre port al control de les files.

A continuació la Fig.5.29. mostra un esquema molt bàsic del control de la matriu si finalment s'aplica aquesta solució. Es pot observar que les files i les columnes van connectades al el expansor de ports MCP23S17, les files van connectades al port A mentre que les columnes són controlades pel port B. Finalment, aquest expansor de ports serà controlat pel microcontrolador.

Igual que l'anterior solució, per controlar el corrent circularà pels LEDs, s'utilitzaran els drivers adequats.

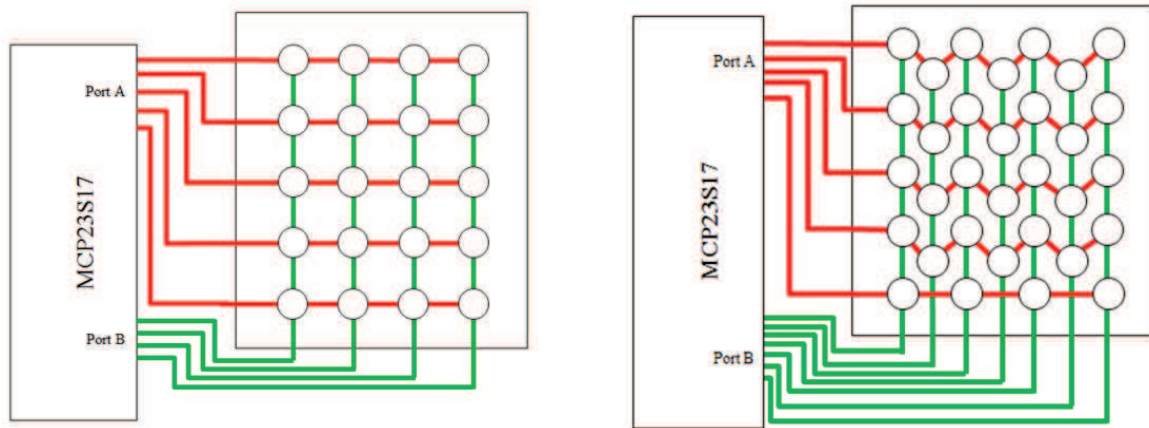


Fig. 5.18. Connexió bàsica de files i columnes de la matriu utilitzant el bus SPI. *Font: elaboració pròpia.*

6. Anàlisi de viabilitat

6.1. Viabilitat tècnica

El projecte és viable tècnicament. Tots els components que s'utilitzen en el projecte, ja siguin electrònics o no, s'utilitzen actualment en el món industrial. Per tant, la realització i construcció del projecte és totalment factible.

El panell tàctil és realitza amb una tecnologia que porta molts anys en funcionament i que cada vegada va agafant més protagonisme en la indústria i en la vida quotidiana. És a dir , que la comunicació entre panell tàctil i microcontrolador no hi ha d'haver cap tipus de problema a l'hora de realitzar-la.

El panell de visualització serà una matriu formada per LEDs. Actualment, les matrius de LEDs es poden trobar en diferents projectes d'electrònica, en cartells publicitaris, etc. Per tant, el control, l'alimentació i la realització de la matriu no comporta cap problema.

Finalment, la programació del microcontrolador, per la comunicació entre pantalla tàctil i panell de visualització, es podrà realitzar en codi Assembler o codi C. Aquests llenguatges estan totalment capacitats per efectuar els programes i rutines adients pel funcionament correcte del panell.

6.2. Viabilitat econòmica

Aquest projecte no està enfocat com a idea de negoci, sinó que es tracta de construir un prototip per la realització de diferents pràctiques d'E/S amb els entrenadors didàctics MCLS-modular basats en el microcontrolador C515C (8051) de l'EUPMT. Per aquest motiu, en aquest apartat s'ha realitzat una estimació dels possibles clients que podrien estar interessats amb l'adquisició d'un panell com aquest, amb la finalitat d'obtenir el cost i el preu de venda per unitat si es realitzessin 200 unitats.

6.2.1. Pressupost del projecte

El pressupost del projecte es troba detallat en el punt 8 del treball. Aquest està separat en diferents capítols: Costos d'elaboració del projecte, costos dels materials i els costos d'amortitzacions. En cada capítol també s'ha tingut en compte els seus costos indirectes.

Pressupost global	
Descripció	Cost Total (€)
Capítol I: Elaboració del projecte	21.605,63
Capítol II: Materials	102,84
Capítol III: Amortitzacions	768,22
TOTAL	22.476,69
IVA 21%	4.720,11
TOTAL PRESSUPOST	27.169,8

Taula. 6.1. Pressupost total del projecte.

6.2.2. Anàlisi de mercat

Després de fer unes valoracions d'on es podria vendre aquest producte, s'ha arribat a la conclusió que els diferents centres de formació professional relacionats amb l'àmbit de l'electrònica, podrien estar interessats amb el producte per impartir pràctiques d'E/S amb microcontroladors que disposen del bus SPI.

Després d'una recerca en el Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya, s'ha extret que actualment hi ha quasi 100 centres de formació professional relacionats amb l'electrònica.

S'ha considerat que es realitzarà una fabricació de 200 unitats. D'aquestes 200 unitats s'ha estimat que un 40% (80 unitats) aniran dirigides a diferents centres de formació professional de Catalunya, mentre que la resta anirà dirigida a altres centres situats a l'Estat espanyol que poguessin estar interessat amb l'adquisició d'un panell tàctil.

6.2.3. Estructura de costos

Els costos de fabricació són els corresponents al muntatge en sèrie del panell tàctil. Aquest muntatge es subcontractaria a una empresa externa i tindria un cost de 10€. Al fabricar el panell en sèrie, s'estima una reducció del 25% dels preus del material.

Concepte	Costos unitat (€)	Costos 200 unitats (€)
Material amb descompte del 25%	77,13	15.426

Taula. 6.2 Cost del material amb un 25% de descompte.

Un cop calculat el que cost total del material per 200 unitats, la taula 6.3. mostra el cost total d'un panell tàctil.

Concepte	Costos (€)
Cost material 200 unitats	15.426
Cost Fabricació: 200*10	2.000
Projecte d'enginyeria	22.476,69
TOTAL	39.902,69
COST PER UNITAT	199.52

Taula. 6.3. Cost unitari per prototip.

Després d'obtenir el cost per unitat, la taula 6.4. mostra el preu en que es podria vendre aquest panell tàctil.

Concepte	Costos (€)
Cost per unitat	199,52
Marge comercial del 25%	49,88
TOTAL	249,4
IVA 21%	52,38
PREU VENDA UNITÀRIA	301,78

Taula. 6.4. Preu de venda unitària del panell tàctil.

El preu de venda del panell no es pot comparar al mercat degut a que es tracta d'una solució personalitzada.

6.3. Viabilitat mediambiental

El projecte es basa en la construcció d'un prototip que s'utilitzarà per aplicacions experimentals pels entrenadors didàctics MCLS modular basats amb el microcontrolador C515C. Per tant, la quantitat de material que s'utilitzarà per la realització del projecte serà molt baixa i degut a les seves característiques es pot afirmar que les conseqüències mediambientals que podrà generar seran gairebé nul·les. Encara que aquestes conseqüències siguin poc significants, s'haurà de conèixer l'impacte ambiental que produeix construir aquest panell.

L'impacte principal prové de la producció dels seus components, ja que per la fabricació d'aquests s'ha tingut que explotar el sòl per l'obtenció de matèries primeres. També s'ha de tenir en compte la possible contaminació que s'ha pogut causar durant la seva fabricació com per exemple gasos de CO₂ a l'atmosfera, aigües subterrànies, etc.

Finalment, es pot considerar l'impacte ambiental que tindrà el prototip un cop deixi de funcionar o es vulgui desmuntar. Tot el material que pugui ser reutilitzat, s'aprofitarà per la realització d'altres projectes, mentre que els que no es puguin aprofitar segurament acabaran en un abocador, on amb el pas del temps i l'acció d'efectes climàtics (sol, pluja i vent) acabaran contaminant el seu entorn.

6.4. Selecció de l'alternativa més adequada

Per arribar a la solució dels components principals que compondran aquest prototip, s'ha fet una valoració de les diferents alternatives plantejades. Per fer-ho s'han seguit els següents criteris de selecció:

- Cost-prestacions: Es buscarà un cost econòmic, però tenint en compte que el component estigui dotat de les prestacions necessàries per satisfer les necessitats requerides.
- Entorn de treball: Cada pantalla tàctil funciona d'una forma diferent. És important conèixer quina funcionalitat té la capa superior de cada tàctil a l'hora de la mesura

de la posició, ja que l'entorn on s'utilitzarà el prototip pot determinar en quines circumstàncies es pot trobar la capa superior del tàtil.

- Estructura: S'entén com a estructura el mètode que s'utilitzarà per la visualització de les diferents geometries de teclats. És molt important que l'usuari tingui la facilitat de dibuixar o imprimir les diferents geometries de teclat i la comoditat a l'hora d'introduir-los en el panell tàtil.
- Adaptació a les diferents geometries de teclat: Es refereix a la capacitat que tindrà la matriu per cobrir les diferents geometries de teclat. S'ha de tenir en compte que s'utilitzarà més d'una geometria de teclat i que la matriu haurà de ser capaç de adaptar-se a tots ells d'una forma eficient.
- Connexió amb microcontrolador: El prototip s'utilitzarà en algunes pràctiques orientades a l'aprenentatge de la programació del microcontrolador C515C. Per tant, el prototip s'haurà de connectar i desconnectar cada cop que aquest s'utilitzi. Per aquesta raó la connexió entre ells ha de ser la més pràctica possible, ja que un alt número de cables pot ser incòmode a l'hora de treballar.

6.4.1. Pantalla tàtil

Després de valorar les principals característiques que haurà de complir el panell tàtil per l'entrada de dades al microcontrolador, s'ha arribat a la conclusió que el tàtil resistiu és el més indicat per aquest tipus de projecte. Per altre banda, el tàtil capacitatiu s'ha descartat ràpidament per aquestes 3 raons:

- Cost molt elevat comparat amb el tàtil resistiu.
- Necessitat d'incorporar un controlador entre tàtil i microcontrolador, per tant també implica més cost.
- Alta complexitat d'interacció per la programació del tàtil.

Un cop determinada quina és la tecnologia que s'utilitzarà en aquest projecte, s'ha hagut que triar entre el tàtil de 4 fils i el de 5 fils.

Finalment, l'elecció s'ha decantat pel tàctil de 4 fils. A continuació s'explicarà el perquè d'aquesta elecció:

Com que la dificultat a nivell programari entre els dos tàctils és molt semblant, els dos criteris principals que han fet decantar-se per utilitzar el tàctil de 4 fils són:

- Cost: El cost del tàctil de 5 fils s'aproxima a un 45 % més del cost que té el tàctil de 4 fils.
- Entorn de treball: Aquest projecte està pensat per ser utilitzat a l'interior d'un laboratori i per estudiants universitaris.

L'Entorn de treball ha sigut el que definitivament ha determinat que no valia la pena gastar-se més diners en utilitzar un tàctil de 5 fils, ja que s'ha considerat que el risc de que es ralli la pantalla és força baix. Les característiques que ofereix el tàctil de 5 fils, fan que aquest s'utilitzi més per aplicacions en que la capa superior es pugui veure afectada.

6.4.2. Incorporació del teclat

Per la incorporació de les diferents geometries de teclat, s'ha triat utilitzar l'estructura *sandwich*. Les dues solucions proposades complien els requeriments a la perfecció, però finalment s'ha escollit l'estructura Sandwich per la comoditat d'utilitzar una làmina de plàstic a l'hora de dibuixar o imprimir les diferents geometries de teclat.

6.4.3. Panell de visualització

Després de provar diferents geometries de teclat sobre les dos matrius de LEDs, que es van proposar per formar aquest panell de visualització, hi ha una que és més eficient a l'hora d'il·luminar les diferents geometries de teclat. Aquesta és la matriu que s'ha dissenyat amb una distribució dels LEDs personalitzada. Per tant, aquest disseny serà el que formarà el panell de visualització. Per la il·luminació dels LEDs finalment s'ha triat el color groc, aquesta elecció ha sigut per decisió pròpia ja que els dos colors tenien una longitud d'ona molt propera a 555 nm.

Pel que fa el control de la matriu, s'ha escollit utilitzar l'expansor de ports MCP23S17. Això és degut a que el panell tàctil que es construirà serà un mòdul el qual es connectarà i

es desconnectarà molt sovint amb la plataforma MCLS-modular, ja que només s'utilitzarà en un número determinat de pràctiques. Al contenir una matriu de LEDs, provoca que es requereixi un gran número d'E/S del microcontrolador. Si s'utilitzés el registre de desplaçament o el comptador de dècades, s'haurien de connectar i desconnectar un gran número de cables a l'hora de fer la connexió, això representa una gran incomoditat per l'usuari a l'hora de treballar amb el panell tàctil. En canvi, amb la utilització de l'expansor de ports, només es necessitarà 3 cables per a la connexió microcontrolador-panell.

6.4.4. Diagrama de blocs i croquis del prototip

A continuació la Fig. 6.1. mostra el diagrama de blocs funcional del prototip, on es poden diferenciar els elements principals que el formen.

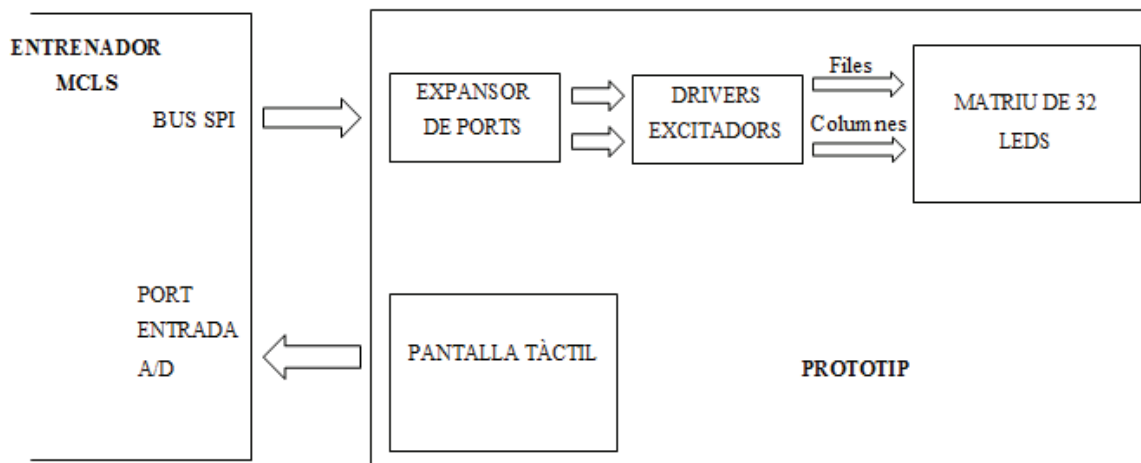


Fig. 6.1. Diagrama de blocs del prototip. *Font: elaboració pròpia.*

Un cop observat el diagrama de blocs, la Fig. 6.2. mostra un croquis molt bàsic de la vista superior del prototip que es desitja construir. És necessari comentar que no es mostren els LEDs a través de la pantalla tàctil simplement per obtenir una millor claredat en el dibuix, ja que és un simple croquis per ajudar entendre el resultat que s'espera obtenir. També es pot veure l'espai que es reservarà per l'electrònica necessària pel funcionament del panell.

Finalment, la Fig. 6.3. mostra una vista lateral del prototip on es pot observar les dues làmines de metacrilat en forma de Sandwich per la introducció de la plantilla del teclat. També es pot veure els LEDs situats sota la pantalla tàctil per satisfer la il·luminació dels diferents teclats que es puguin utilitzar com a entrada de dades.

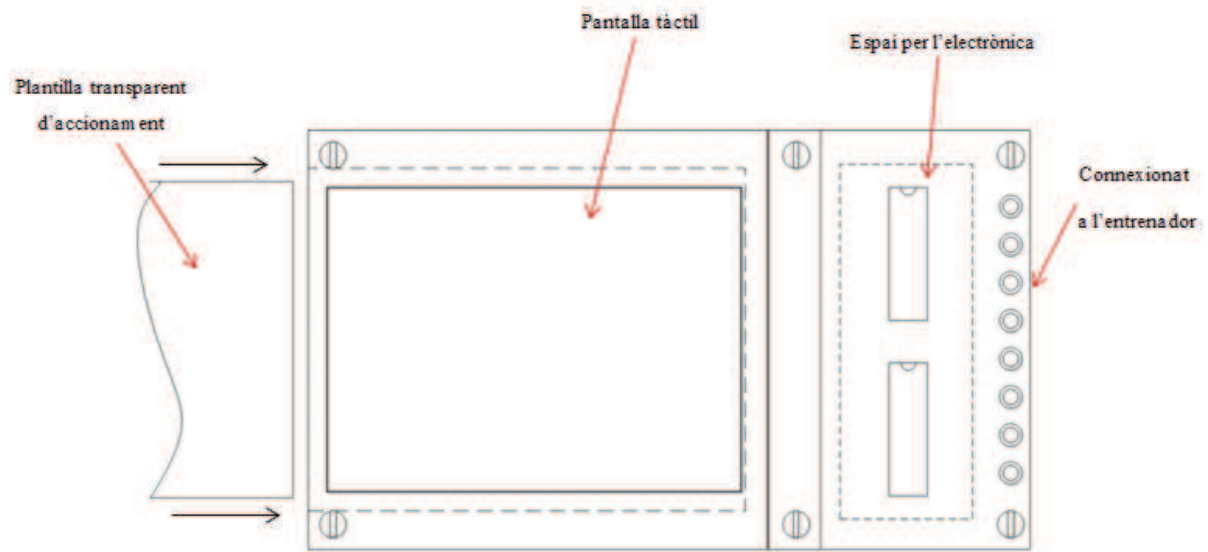


Fig. 6.2. Vista superior del prototip. Font: elaboració pròpia.

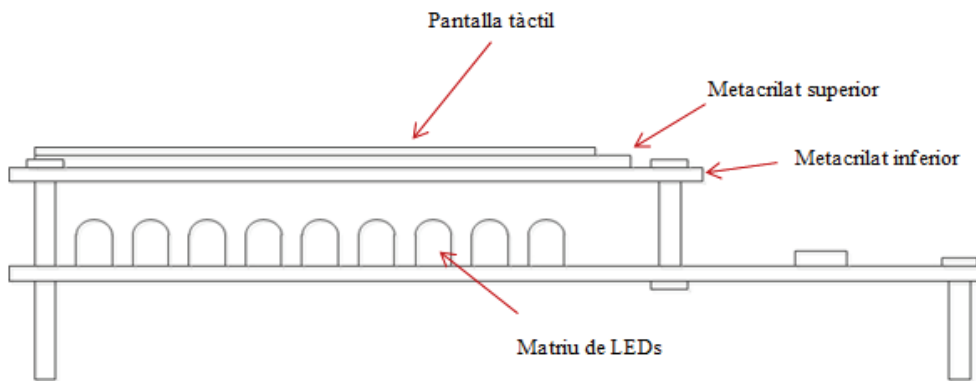


Fig. 6.3. Vista lateral del prototip. Font: elaboració pròpia.

7. Planificació del projecte

La planificació del projecte està separada en dues parts. La primera part representa la planificació de l'enginyeria bàsica, mentre que la segona planificació representa l'enginyeria de detall.

- Enginyeria Bàsica

Nom de la tasca	Duració (hores)	Començament	Finalització
1ra reunió amb el ponent	1	mié 05/11/14	mié 05/11/14
Planificació avantprojecte	1	mié 05/11/14	mié 05/11/14
Identificació del projecte	31	mié 05/11/14	lun 17/11/14
• <i>Objecte</i>	4	mié 05/11/14	mié 05/11/14
• <i>Antecedents i necessitats d'informació</i>	18	mié 05/11/14	jue 13/11/14
• <i>Abast del projecte</i>	3	jue 13/11/14	jue 13/11/14
• <i>Objectius i especificacions tècniques</i>	6	vie 14/11/14	lun 17/11/14
2na reunió amb el ponent	1	lun 17/11/14	lun 17/11/14
Redacció del avantprojecte (1ra part)	15	mar 18/11/14	vie 28/11/14
Definició i plantejament de la solució	27	vie 28/11/14	jue 11/12/14
• <i>Plantejament de solucions</i>	18	vie 28/11/14	lun 08/12/14
• <i>Criteris de selecció</i>	2	lun 08/12/14	lun 08/12/14
• <i>Selecció de la solució</i>	4	lun 08/12/14	mar 09/12/14
• <i>Explicació de la solució</i>	3	mar 09/12/14	jue 11/12/14
Llistat del material	3	jue 11/12/14	vie 12/12/14
Anàlisi de viabilitat tècnica i ambiental	8	vie 12/12/14	mar 16/12/14
Planificació de l'enginyeria de detall	3	mar 16/12/14	jue 18/12/14
Pressupost	5	jue 18/12/14	vie 19/12/14
Anàlisi de viabilitat econòmica	8	vie 19/12/14	mar 23/12/14
• <i>Estudi econòmic per 200 unitats</i>	8	vie 19/12/14	mar 23/12/14
Redacció del avantprojecte (2ona part)	20	mar 23/12/14	jue 01/01/15
3ra reunió amb el ponent	1	vie 09/01/15	vie 09/01/15
Correccions de l'avantprojecte	4	vie 09/01/15	lun 12/01/15

Taula. 7.1. Planificació de l'enginyeria bàsica.

A continuació es defineixen les tasques de la taula 7.1:

- 1ra reunió amb el ponent: Es parla sobre les característiques generals del projecte, els objectius, la planificació, etc.
- Planificació del projecte: Un cop amb l'idea clara del projecte, es fa una planificació per afrontar el treball i finalitzar-lo dintre de la data establerta.
- Identificació del projecte: En aquesta part es defineix l'objecte del treball, l'abast que tindrà i els seus objectius, conjuntament amb les seves especificacions tècniques. Per definir tots aquests punts primer es fa una recerca d'informació del projecte que es desenvoluparà. La recerca es realitzen en pàgines web, projectes, articles, etc. relacionats amb el projecte.
- 2ona reunió amb el ponent: Es realitza una revisió a la identificació del projecte, es parla sobre les possibles solucions que pot tenir el projecte i es resolen dubtes.
- Redacció del avantprojecte (1ra part): Redacció de la documentació que s'ha treballat fins ara.
- Definició i plantejament de la solució: Es planteja les diferents solucions que podrà tenir el prototip, es fa una valoració de les seves característiques fonamentals i finalment s'escull la millor, la qual és defineix
- Llistat del material: Es realitza una recerca del material necessari per la realització del prototip i posteriorment es farà un llistat de tot el material amb el cost de cada element.
- Anàlisi de viabilitat tècnica i ambiental: Es comprova que el projecte és pot realitzar tècnicament i es mesura el seu impacte ambiental.
- Pressupost: Es realitza un pressupost aproximat sobre el cost que tindrà el projecte. Es farà una aproximació sobre el cost que tindrà l'enginyeria bàsica i l'enginyeria de detall per obtenir el cost total del prototip. Aquest pressupost també servirà per observar si el prototip serà o no serà viable econòmicament.

- Anàlisi de viabilitat econòmica: Un cop fet el pressupost del projecte es comprova si aquest projecte serà rentable o no.
- Redacció del avantprojecte (2ona part): Redacció de la documentació de la segona part de l'avantprojecte.
- 3ra reunió amb el ponent: Revisió de l'avantprojecte per la seva entrega al jurat.
- Correccions de l'avantprojecte: Retocar últims detalls del avantprojecte i adaptar-lo a la normativa UPC. Cal esmentar que la redacció del avantprojecte serà realitzada durant tota l'enginyeria bàsica.

Aquesta planificació està pensada per satisfer la data d'entrega de l'avantprojecte, la qual és el 16/01/2015. Per complir-la s'ha previst treballar unes 15 hores setmanals. A la taula 7.1. es pot veure com l'avantprojecte estarà finalitzat el Dilluns 12/01/15, per tant es compleix l'objectiu principal de tenir-lo finalitzat abans del Divendres 16/01/15. Com es pot observar el diagrama de Gantt de la Fig. 7.1, entre la redacció del avantprojecte (2ona part) i la 3ra reunió amb el ponent, hi ha 8 dies de marge, aquest dies permetran tenir un marge de seguretat per si sorgeix algun imprevist en la realització d'alguna tasca i dura més del previst. Si sorgís algun imprevist que afectes a la data de la 3ra reunió amb el ponent, encara hi hauria un marge de 4 dies per l'entrega del avantprojecte.

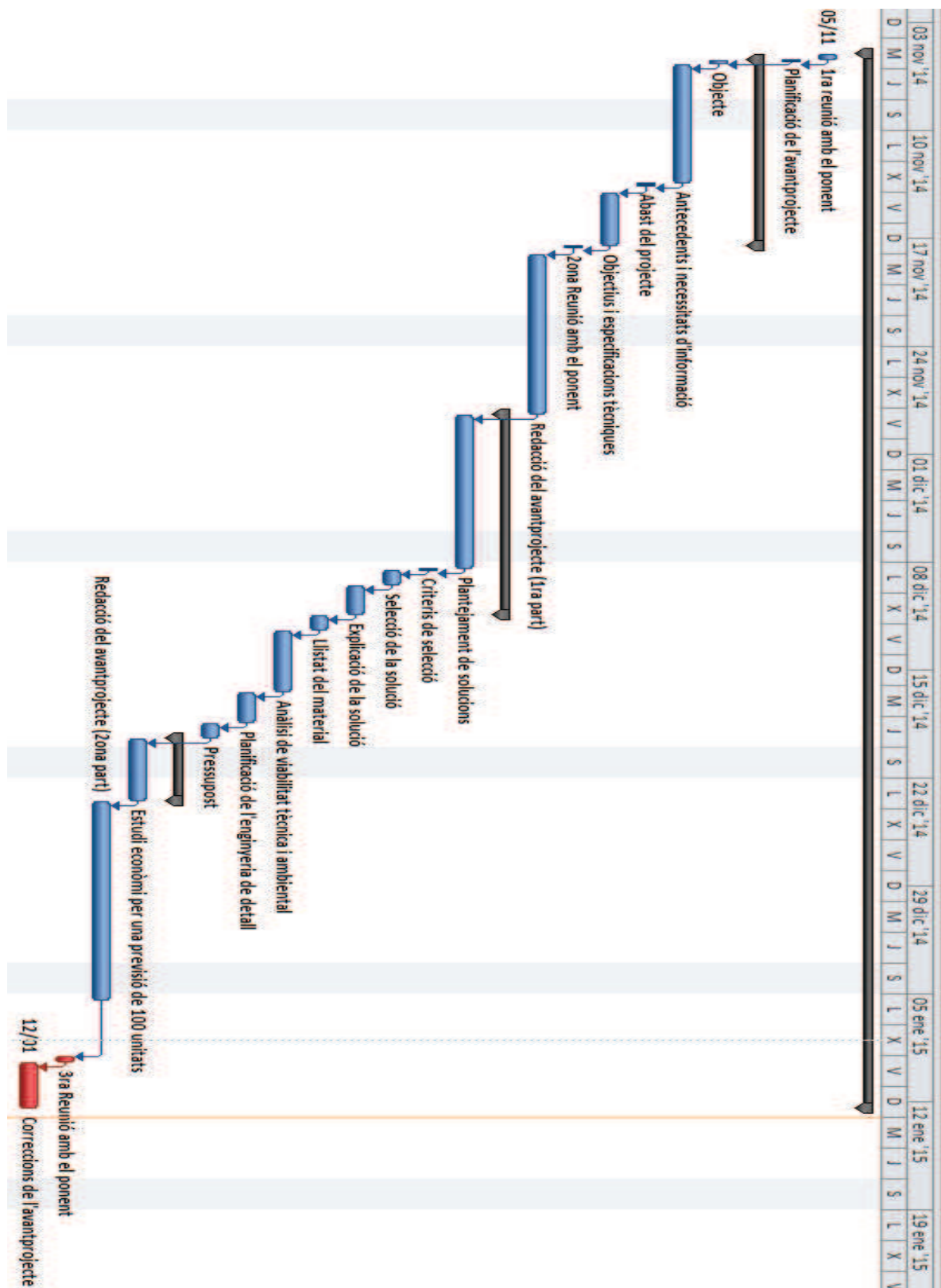


Fig. 7.1. Diagrama de Gantt de l'avantprojecte. *Font: elaboració pròpia.*

- Enginyeria de Detall

Nom de la tasca	Duració (hores)	Començament	Finalització
Revisió de la planificació	1	vie 20/02/15	vie 20/02/15
Disseny del prototip	56	vie 20/02/15	vie 13/03/15
• <i>Panell tàctil</i>	10	vie 20/02/15	mar 24/02/15
• <i>Panell de visualització i drivers</i>	10	mié 25/02/15	vie 27/02/15
• <i>Disseny mecànic</i>	10	lun 02/03/15	mié 04/03/15
• <i>Esquemes teòrics i plànols mecànics</i>	10	mié 04/03/15	lun 09/03/15
• <i>Disseny layout</i>	16	lun 09/03/15	vie 13/03/15
Obtenció del material	10 dies	jue 05/03/15	mié 18/03/15
Proves preliminars Laboratori	16	mié 18/03/15	mar 24/03/15
Circuit imprès	7 dies	mié 25/03/15	vie 03/04/15
Redacció de la memòria (1ra part)	25	mié 25/03/15	jue 02/04/15
Muntatge del prototip	16	lun 06/04/15	vie 10/04/15
• <i>Panell de visualització</i>	9	lun 06/04/15	mié 08/04/15
• <i>Circuit electrònic</i>	4	mié 08/04/15	jue 09/04/15
• <i>Panell tàctil</i>	3	jue 09/04/15	vie 10/04/15
Desenvolupament programari	32	vie 10/04/15	mar 14/04/15
• <i>Programació pantalla tàctil</i>	16	vie 10/04/15	mar 14/04/15
• <i>Programació LEDs</i>	16	mar 14/04/15	mar 14/04/15
Posada en marxa	57	mié 15/04/15	mié 06/05/15
• <i>Test prototip</i>	12	mié 15/04/15	lun 20/04/15
• <i>Rutines per aplicacions específiques</i>	45	lun 20/04/15	mié 06/05/15
Manual d'usuari	8	jue 07/05/15	lun 11/05/15
Redacció de la memòria (2ona part)	25	lun 11/05/15	mar 19/05/15
Presentació esborrany de la memòria al ponent	-	mié 20/05/15	mié 20/05/15
Correccions de la memòria	4	mié 20/05/15	jue 21/05/15
Preparació de la defensa del projecte	10	jue 04/06/15	dom 07/06/15
• <i>Realització PowerPoint</i>	5	jue 04/06/15	vie 05/06/15
• <i>Preparació presentació</i>	5	vie 05/06/15	dom 07/06/15

Taula. 7.2. Planificació de l'enginyeria de detall.

Aquesta planificació està pensada per satisfer dues dates:

- Entrega de la memòria (01/06/2015).
- Defensa del projecte (15/06/2015).

Per complir-les s'ha previst treballar unes 18 hores setmanals. A continuació es defineixen les tasques de la taula 7.2:

- Revisió de la planificació: Es revisarà la planificació de l'enginyeria de detall que s'havia proposat a l'avantprojecte. Es farà una valoració de si cal fer alguna modificació o no.
- Obtenció del material: s'ha de tenir en compte que normalment quan es compra per internet triga alguns dies arribar al material i això pot endarrerir el projecte. Per tant, es demanarà al més ràpid possible per no endarrerir la construcció del prototip.
- Disseny del prototip: Disseny del panell tàctil, del panell de visualització i de l'electrònica d'interfície necessària pel seu funcionament i per la comunicació amb el microprocessador. També es faran els esquemes teòrics, plànols mecànics i es dissenyarà el layout per a la realització del circuit imprès.
- Proves preliminars al laboratori: Es faran proves al laboratori amb els diferents components del prototip.
- Circuit imprès: S'ha de tenir en compte que la realització de la placa trigarà una setmana.
- Redacció de la memòria (1ra part): Redacció de la documentació que s'ha treballat fins ara.
- Muntatge del prototip: Muntatge del panell tàctil, del panell de visualització i de l'electrònica d'interfície.
- Desenvolupament de programari: Es desenvoluparà rutines bàsiques pel control del tàctil i la il·luminació dels LEDs.

- Posada en marxa: Es crearan els programes i rutines adients per fer funcionar el panell a nivell de demostració. Aquesta tasca es partirà en dos blocs, la primera part estarà destinada a testejar el prototip, mentre que la segona part estarà destinada a una programació per aplicacions específiques. Durant la realització de programes i rutines també s'anirà verificant el seu funcionament.
- Manual d'usuari: Es realitzarà un manual per l'usuari on descriurà el funcionament del prototip.
- Redacció de la memòria (2ona part): Redacció de la documentació de la segona part de la memòria.
- Presentació de l'esborrany de la memòria al ponent
- Correcció de la memòria: Finalitzar els últims punts de la documentació i adaptar-lo a la normativa de la UPC. Cal esmentar que la redacció de tota la documentació serà realitzada durant tota l'enginyeria de detall.
- Preparació de la defensa del projecte: Inclou la realització del PowerPoint i la preparació per la presentació del prototip davant del jurat.

A la taula 7.2. es pot veure com el projecte estarà finalitzat el Dijous 21/05/15, per tant es compleix l'objectiu principal de finalitzar-lo abans del Dimecres 01/06/15. Aquest 11 dies de diferència, al igual que en l'avantprojecte, donaran un marge de seguretat per si sorgeix algun imprevist durant la realització del projecte.

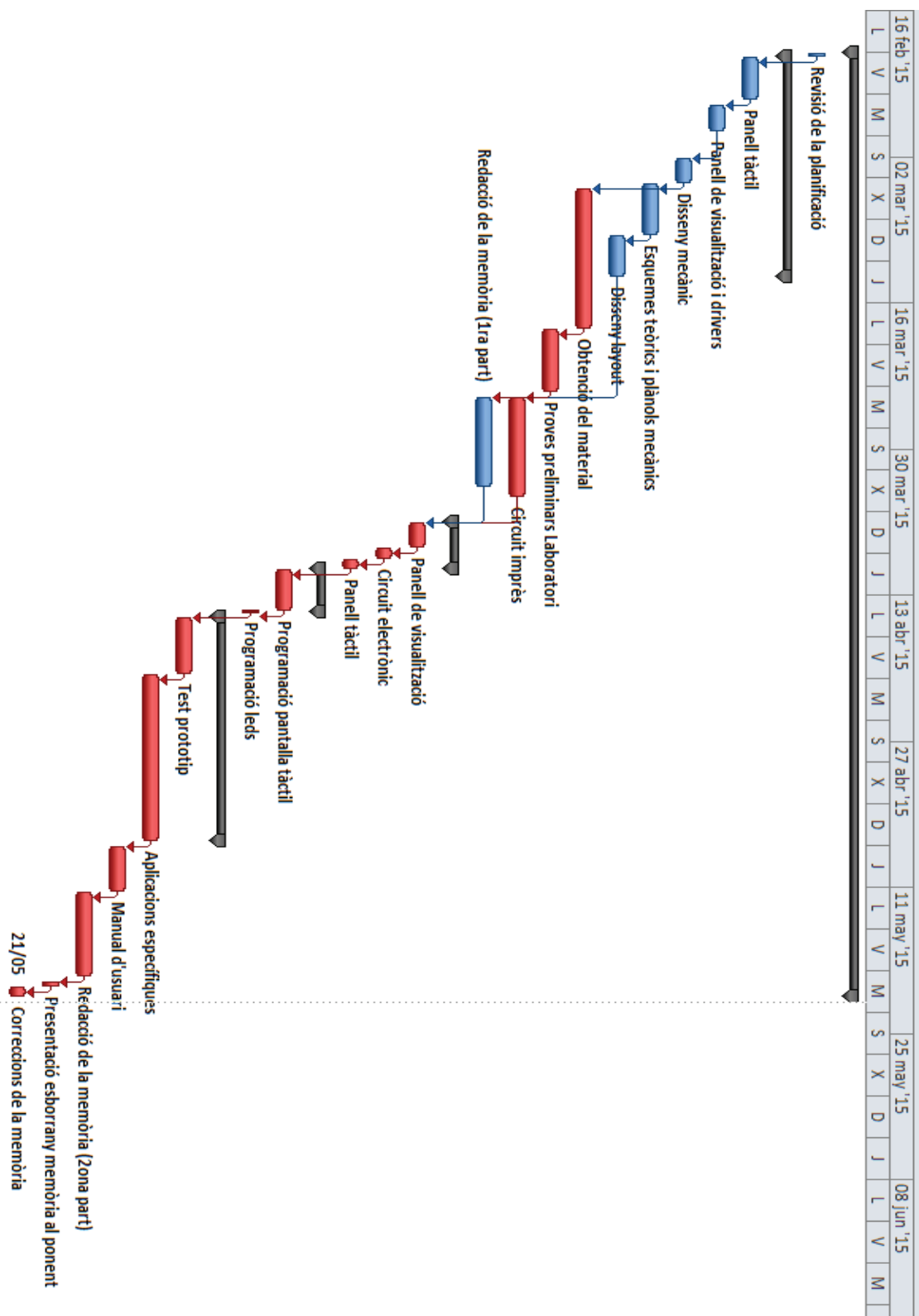


Fig. 7.2. Diagrama de Gantt de la realització del projecte. Font: elaboració pròpia.

Un cop entregada la documentació, s'haurà de preparar la defensa del projecte que s'efectuarà davant del jurat. Aquesta defensa, segons la planificació, es tindrà finalitzada pel Diumenge 08/06/15, això significa que hi haurà 7 dies de marge per si apareix algun imprevist d'última hora.

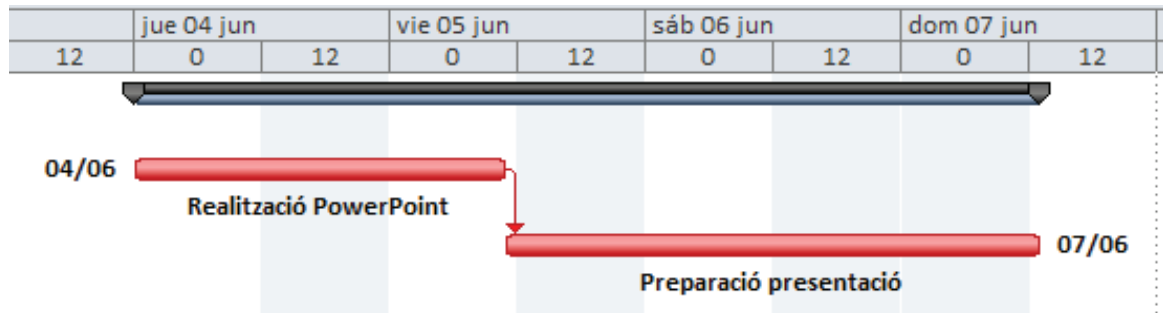


Fig. 7.3. Diagrama de Gantt de la defensa del projecte. *Font: elaboració pròpia.*

8. Pressupost

En aquest capítol s'indicarà el cost que tindrà la realització del projecte. Els costos corresponents a l'enginyeria, els materials i les amortitzacions.

8.1. Amidaments

Capítol I: Elaboració del projecte		
Codi	Descripció	Unitats
1.1	Hores destinades a la cerca d'antecedents i necessitats d'informació.	31
1.2	Hores destinades a la definició i plantejament de la solució.	46
1.3	Hores destinades al desenvolupament i disseny del prototip.	56
1.4	Hores destinades a la construcció i muntatge del prototip	32
1.5	Hores destinades a la programació del prototip	98
1.6	Hores destinades a l'elaboració escrita i edició dels documents del projecte.	89

Taula. 8.1. Hores destinades al Capítol I: Elaboració del projecte.

Capítol II: Material		
CIRCUITS INTEGRATS		
Codi	Descripció	Parts iguals
2.1	Expansor d'E/S: MCP23S17	1
TÀCTILS		
Codi	Descripció	Parts iguals
2.2	Tàctil resistiu 4 fils AMT 9503 5,77"	1
COMPONENTS PASSIUS		
Codi	Descripció	Parts iguals
2.3	Resistències, condensadors	1

Taula. 8.2. Unitats totals Capítol II: Material (I).

Capítol II: Material		
COMPONENTS ACTIUS		
Codi	Descripció	Parts iguals
2.4	Transistor BC548BRL1G	7
LEDS		
Codi	Descripció	Parts iguals
2.5	LED groc 5mm	32
VARIS		
Codi	Descripció	Parts iguals
2.6	Metacrilat 0,077 m ²	1
2.7	Placa PCB Eurocard	1
2.8	Bornes femella 2mm	9
2.9	Altres (separadors, cargols, ...)	1

Taula. 8.2. Unitats totals Capítol II: Material (II).

8.2. Quadre de preus

Capítol I: Elaboració del projecte		
Codi	Descripció	Preu unitari (€)
1.1	Hores	50
1.2	Hores	50
1.3	Hores	50
1.4	Hores	30
1.5	Hores	50
1.6	Hores	30

Taula. 8.3. Preus unitaris Capítol I: Elaboració del projecte.

Capítol II: Material		
EXPANSOR DE PORTS		
Codi	Unitats	Preu unitari (€)
2.1	Expansor de Ports	1,39
TÀCTILS		
Codi	Unitats	Preu unitari (€)
2.2	Tàctil	30,00
COMPONENTS PASSIUS		
Codi	Unitats	Preu unitari (€)
2.3	-	6,00
COMPONENTS ACTIUS		
Codi	Unitats	Preu unitari (€)
2.4	Transistor	0,27
LEDS		
Codi	Unitats	Preu unitari (€)
2.5	LED	0,27
VARIS		
Codi	Unitats	Preu unitari (€)
2.6	Metres quadrats	4,77
2.7	Placa	12,00
2.8	Bornes	0,51
2.9	-	9,00

Taula. 8.4. Preus unitaris Capítol II: Material .

8.3. Pressupost parcial

Els costos indirectes estan estimats en un 15% al Capítol I i II.

Capítol I: Elaboració del projecte				
COST D'ENGINYERIA				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitari (€)	Total (€)
1.1	Hores destinades a la cerca d'antecedents i necessitats d'informació.	31	50	1.550
1.2	Hores destinades a la definició i plantejament de la solució.	46	50	2.300
1.3	Hores destinades al desenvolupament i disseny del prototip.	56	50	2.800
1.4	Hores destinades a la construcció i muntatge del prototip	32	30	960
1.5	Hores destinades a la programació del prototip	98	50	4.750
1.6	Hores destinades a l'elaboració escrita i edició dels documents del projecte.	89	30	2.670
COSTOS INDIRECTES				
1.7	Costos indirectes de mà d'obra			2.254,5

Taula. 8.5. Total Capítol I: Elaboració del projecte.

TOTAL CAPÍTOL I (25% marge)

21.605,63€

Capítol II: Material				
COSTOS MATERIAL PROTOTIP				
EXPANSOR DE PORTS				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitat (€)	Total (€)
2.1	Expansor d'E/S: MCP23S17	1	1,39	1,39
TÀCTILS				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitat (€)	Total (€)
2.2	Tàctil resistiu 4 fils AMT 9503 5,77"	1	30,00	30,00
COMPONENTS PASSIUS				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitat (€)	Total (€)
2.3	Resistències, condensadors	1	7,00	7,00
COMPONENTS ACTIUS				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitat (€)	Total (€)
2.4	Transistor BC548BRL1G	7	0,27	1,89
LEDS				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitat (€)	Total (€)
2.5	LED groc 5mm	32	0,27	8,64
VARIS				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitat (€)	Total (€)
2.6	Metacrilat 0,077 m ²	1	4,77	4,77
2.7	Placa PCB Eurocard	1	12,00	12,00
2.8	Bornes femella 2mm	6	0,51	3,06
2.9	Altres (separadors, cargols, ...)	1	9,00	9,00
COSTOS INDIRECTES				
2.10	Costos Indirectes de material			11,67

Taula. 8.6. Total Capítol II: Material.

TOTAL CAPÍTOL II (15% d'imprevistos)

102,84 €

Per calcular les amortitzacions dels equips informàtics, dels softwares i dels equips de laboratori que s'utilitzaran per la realització del prototip, s'ha estimat que cada any es realitzaran 3 projectes semblants (aquest projecte i dos més).

Per tant, el càlcul que s'ha seguit per estimar el cost de les amortitzacions del projecte ha sigut el següent:

$$Cost = \frac{\frac{Cost\ Inversió}{vida\ útil\ aparell}}{Projectes\ a\ l'any} \quad (8.1)$$

Amb l'equació 8.1. s'obté el cost de les amortitzacions que haurà de contemplar aquest projecte.

Capítol III: Amortitzacions				
EQUIPS INFORMÀTICS I SOFTWARE				
Codi	Descripció	Cost Inversió	N (anys)	Total (€)
3.1	Ordinador	1.000	3	111,11
3.2	Software ORCAD	1000	3	111,11
3.3	Software MS-Project	654	3	72,67
3.4	Microsoft Office Professional	540	3	60
EQUIPS DE LABORATORI				
3.5	Bancada de treball	5.000	5	333,33
3.6	Equip de soldadura	1.200	5	80

Taula. 8.7. Total Capítol III: Amortitzacions.

TOTAL CAPÍTOL III

768,22 €

8.3. Pressupost global

Total Capítol I	21.605,63 €
Total Capítol II	102,84 €
Total Capítol III	768,22 €

TOTAL	22.476,69 €
IVA 21%	4.720,11 €

TOTAL PRESSUPOST	27.169,8 €
-------------------------	-------------------

El projecta suposarà un cost total de vint-i-set mil cent seixanta-nou euros amb vuit cèntims.

9. Referències

- [1] FABIO BACCAGLIONI (2009). Touchscreen, ¿resistive o capacitivo? [online]. Disponible a http://www.tecnogeek.com/verpost.php?id_noticia=817
- [2] Anònim (2013). *Touch screen controlada con arduino (DIY)*. Disponible a <http://www.editronikx.com/2013/07/touch-screen-controlada-con-arduino-diy.html>
- [3] ARIEL PALAZZESI; REINIER TORRES (2008). *µcontrol. Matrices de LEDs*. [versió electrònica]. Disponible a http://www.mediafire.com/view/arbl7q6jxxu11cm/ucontrol_revista_0003.pdf
- [4] WIKIPEDIA. *Color* [online]. 30 des 2014. Disponible a http://es.wikipedia.org/wiki/Color#El_espectro_visible_por_los_humanos
- [5] DUSAN MIHAJLOVIC (2009). *Pantalla tàctil*. [online]. MikroElektronika. Disponible a http://www.mikroe.com/downloads/get/467/es_mikroe_article_c_avr_01_09.pdf
- [6] M. ECHEVERRÍA; I. ANGULO; J.M. ANGULO (2008). *Pantallas táctiles para mejorar la presentación y el funcionamiento de nuestros productos*. [online]. Disponible a http://www.redeweb.com/txt/644_645/34.pdf
- [7] ATMEL Corporation (2007). *AVR341: Four and five-wire Touch Screen*. [online]. Disponible a <http://www.lysator.liu.se/~kjell-e/embedded/doc8091.pdf>
- [8] ALEIDA GOMEZ (2014); *Aplicacion de dispositivos lógicos programables (matriz de leds y memoria EEPROM)* [online]. Disponible a <http://www.cecyl3.ipn.mx/actividades-on-line/electronica-digital/1-PracticaMatrizElectronicaDigital.pdf>
- [9] MIKROELEKTRONIKA (2010). *Sistema de desarrollo*. [versió electrònica]. Disponible a http://www.mikroe.com/downloads/get/926/es_easyavr6_manual_v101.pdf
- [10] CARLOS ORLANDO; JESSICA GABRIELA (2006). *Construcción de un prototipo electrónico que informe sobre lugares vacantes a los usuarios de un*

parqueadero. [online]. Disponible a

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1942/1/CD-0295.pdf>

[11] FARNELL (2015). [online]. Disponible a <http://es.farnell.com/>

[12] RS COMPONENTS.(2015). [online]. Disponible a <http://es.rs-online.com/web/>