



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècn. Ind. Electrònica Ind. Pla 2002

Títol: Seguidor solar controlat per microcontrolador

Document: 1. Memòria

Alumne: Marc Castaño Sencianes

Director/Tutor: Daniel Alexandre Macaya Masferrer

Departament: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

Àrea: ESA

Convocatòria (mes/any): juny/2012

Índex

1. Introducció	2
1.1 Energies renovables.....	2
1.1.1 Energia solar.....	2
1.2. Antecedent	3
1.2. Objecte.....	4
1.3. Abast.....	4
2. Descripció del funcionament de la placa	5
2.1. Adequació del senyal	5
3. Seguiment solar	9
4. Drivers dels motors	20
4.1. Inversor	20
4.2 Etapa de potència	22
4.2.1.Motor parat	23
4.2.2. Motor girant.....	24
5. Mecanitzat	27
6. Resum del pressupost	28
7. Conclusions	29
8. Relació de documents	30
9. Bibliografia.....	31
10. Glossari	32
A. Programa	33

1. Introducció

1.1 Energies renovables

Actualment el consum d'energia es necessari per molts aspectes de l'activitat i el progrés. L'energia es imprescindible pel desenvolupament d'un país, tant es així que la taxa de consum energètic està molt relacionada amb el grau de desenvolupament econòmic d'un estat.

Des de temps remots, les energies renovables han constituït una part important de l'energia utilitzada per els humans. La utilització d'aquestes disminueix des de finals del segle XVII quan James Watt inventa la revolucionaria màquina de vapor, que dona lloc a motors de combustió interna impulsats per hidrocarburs derivats per petroli. En aquella època les energies renovables es consideraven inestables ja que depenien del sol, de l'aigua o el vent.

A la dècada dels anys 1970 les energies renovables es consideren una alternativa ja que es comença a ser conscient dels problemes que les energies tradicionals tenen o causaran a llarg del temps, com l'esgotament de les seves fonts o el greu impacte ambiental.

Avui en dia les energies renovables, o verdes, estan molt demanades ja que la seva utilització no emet productes contaminants per el medi ambient i s'obtenen a partir de fonts naturals que son inesgotables. Gràcies a aquesta alternativa en un futur es veurà una gran disminució de la dependència actual de les fonts tradicionals d'energia: els combustibles fòssils (petroli, carbó i gas natural).

La necessitat de mantenir el nostre planeta està fent que les energies renovables deixin de ser una alternativa i es converteixin en una realitat.

1.1.1 Energia solar

Una de les branques on més energia es pot treure és en l'energia solar. En els últims anys l'estudi de l'energia solar està agafant força ja que és una font d'energia il·limitada.

Dintre de la generació d'energia a partir de la radiació solar, hi ha diferents subtipus. Les diferents tecnologies solars existents:

Energia solar tèrmica: Utilitzada per produir aigua calenta per us sanitari i/o calefacció.

Energia solar fotovoltaica: Producció d'electricitat mitjançant panells fotovoltaics que generen energia elèctrica a partir de la radiació solar

Energia solar termoelèctrica: Producció d'electricitat mitjançant un cicle termodinàmic convencional a partir d'un fluid escalfat per la radiació solar a alta temperatura.

Energia solar híbrida: Combina l'energia solar amb una altre energia. Segons l'energia amb que es combini es una hibridació renovable o fòssil.

Energia eòlica - solar: Funciona amb l'aire escalfat per el Sol, que puja per una xemeneia on estan les generadors.

La potència de la radiació solar, entre altres factors, depèn de la zona en la que està situat com es mostra a la figura següent.

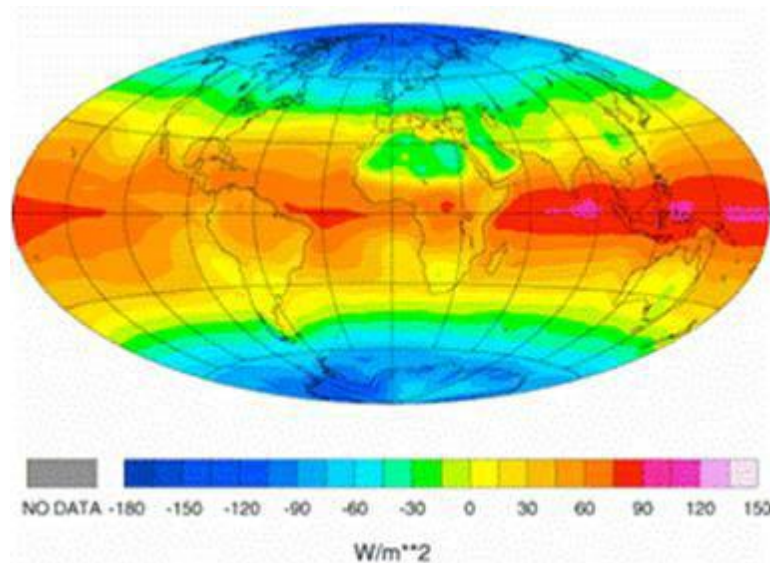


Figura1. Radiació solar anual que arriba a la superfície terrestre en W/m^2

Com podem observar en la Figura 1 la radiació solar total que arriba a la superfície terrestre anualment depèn de la situació geogràfica. Influeixen factors com la latitud, altura i la vegetació.

1.2. Antecedent

L'objectiu d'aquest projecte és la realització d'un seguidor solar, i per poder tenir la màxima precisió en el control de moviment utilitzarem un microcontrolador (PIC 16F877) per controlar el seu estat en tot moment.

1.2. Objecte

Volem aconseguir que aquesta placa electrònica pugui controlar un seguidor i posteriorment ampliar-ho a un camp de seguidor solars per una vivenda estàndard. Quan parlem de controlar els seguidor ens referim a fer la orientació adient a cada moment del dia, aquesta orientació tindrà dos graus de llibertat. També aprofitarem les hores vall per poder fer el reposicionament de totes les plaques solars.

Aquest sistema microprocessat tindrà el suport d'un sistema d'actualització de calendari solar, per saber en quin moment del dia s'ha de posar en marxa i en quina direcció s'ha de posicionar. Aquesta actualització es realitzarà cada trenta segons per pantalla i el microcontrolador recalculerà el posicionament correcte de la placa a cada cicle de programa. Des de el programa podrem modificar la data, hora i el lloc on tenim situades les plaques, aquesta informació es guardarà en un fitxer .txt que el microcontrolador llegirà a cada inici de dia. Perquè el microcontrolador actualitzi correctament la data i la hora utilitzarem un real time clock (RTC).

1.3. Abast

El projecte consistirà en el disseny de la placa, el disseny dels drivers de motors, la integració del sistema de calendari i la programació general per tal que el sistema global funcioni. Es farà també una monitorització per port sèrie per poder saber l'estat de les plaques solars a cada moment.

2. Descripció del funcionament de la placa

2.1. Adequació del senyal

En la placa hi ha diferents tensions: 230V a.c., 15V a.c., 12 Vdc i 5 V dc.

Els 230 V a.c. són de l'alimentació de la xarxa, que gràcies a un transformador passa a 15 V a.c., també compta amb una pila de 1.5V que alimentarà el real time clock (a partir d'ara RTC) perquè si marxa la llum sempre estigui alimentat i no perdem el dia i hora que som.

Els 15V a.c. els passem per un condensador d'arrissat de 470 μ F i el pont rectificador els redueix a 13.6V dc que passen per un condensador de filtrat 220 μ F fins el regulador de tensió 7805 amb els condensadors C3 i C4 de filtratge d'interferències per donar els 5V dc i així alimentar el pic, el RTC, els rel·lés i els motors, els motors no estaran integrats a la placa com ja explicarem mes endavant.

També podem observar que hi ha dos leds a la font, el LED2 és el led que s'il·luminarà quant la font estigui alimentant la placa.

El LED1 s'il·luminarà quant per alguna causa el fusible 1 (FUS1) estigui fos i ens indicarà que no hi ha corrent a la placa.

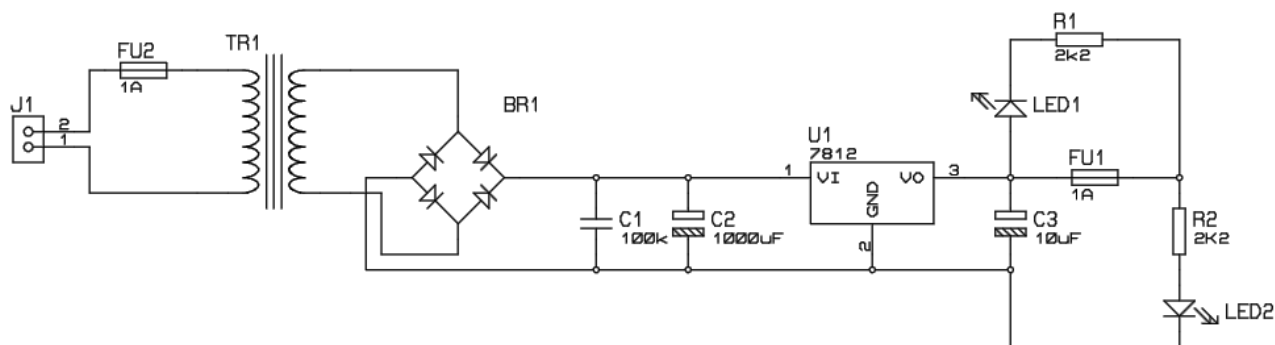


Figura 2. Font alimentació

2.2 Entrades i sortides del pic

El nostre pic té diferents entrades i sortides, tenim les entrades de senyals procedents del pc, aquestes passen per el rs232 tal com es veu a la figura 3.

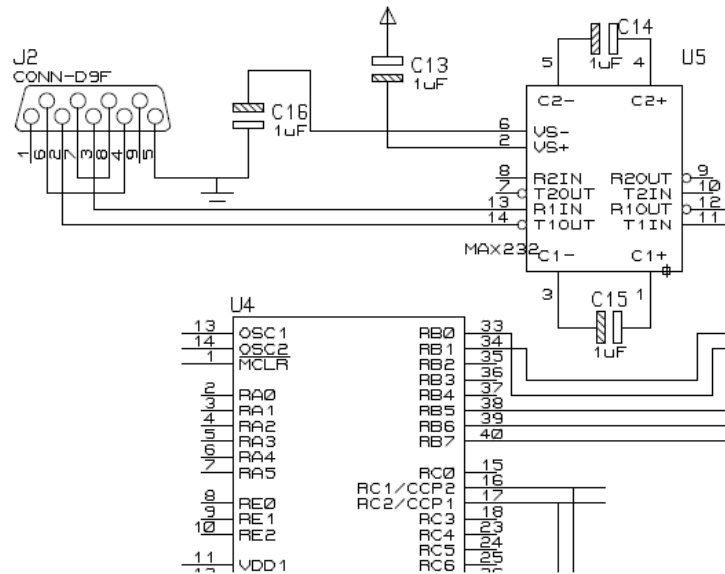


Figura 3. Pic i rs232

Tenim també les entrades i sortides del RTC que ens envia la data i hora a cada instant al pic, l'RTC està dissenyat per treballar en "standby" (sense comunicació) a molt baixa potència, pot mantenir la informació de les dades i mantenir el funcionament del rellotge amb només $1\mu\text{W}$, ho podem observar a la figura 4.

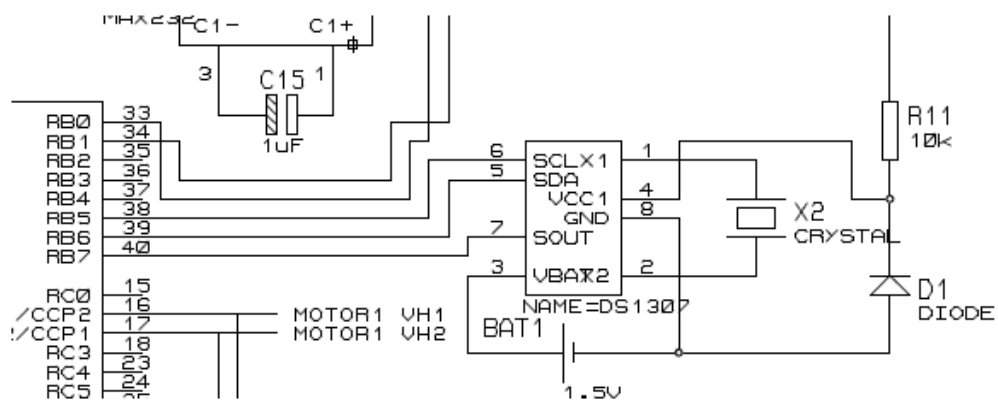


Figura 4. Pic i RTC

A la figura següent (figura 5) podrem observar les sortides del pic que controlaran els motors i els rel·lés que controlen quin motor ha de funcionar.

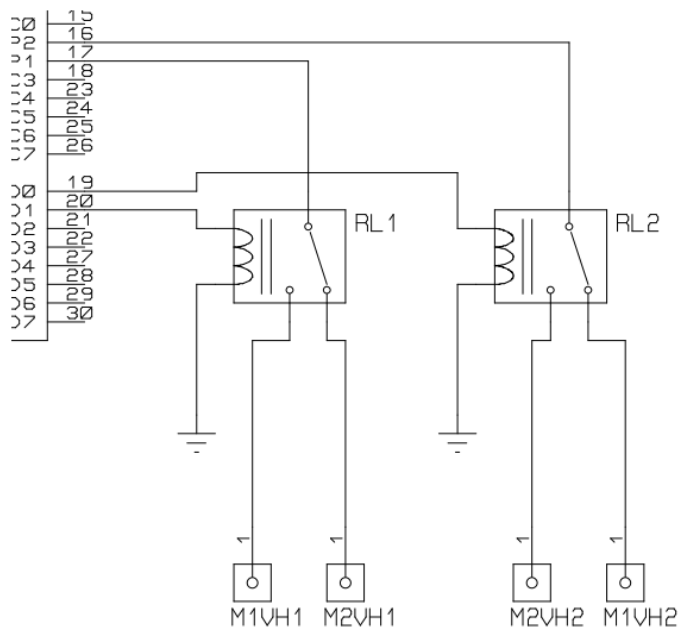


Figura 5. Sortides motor i rel.lés.

A continuació veurem les entrades del pic que venen dels inclinòmetres, aquests sensors, envien una senyal a cada grau d'inclinació, com aquesta senyal és molt petita abans que aquesta arribi al pic passa per un circuit amplificador no inversor, tal com es veu a la figura següent.

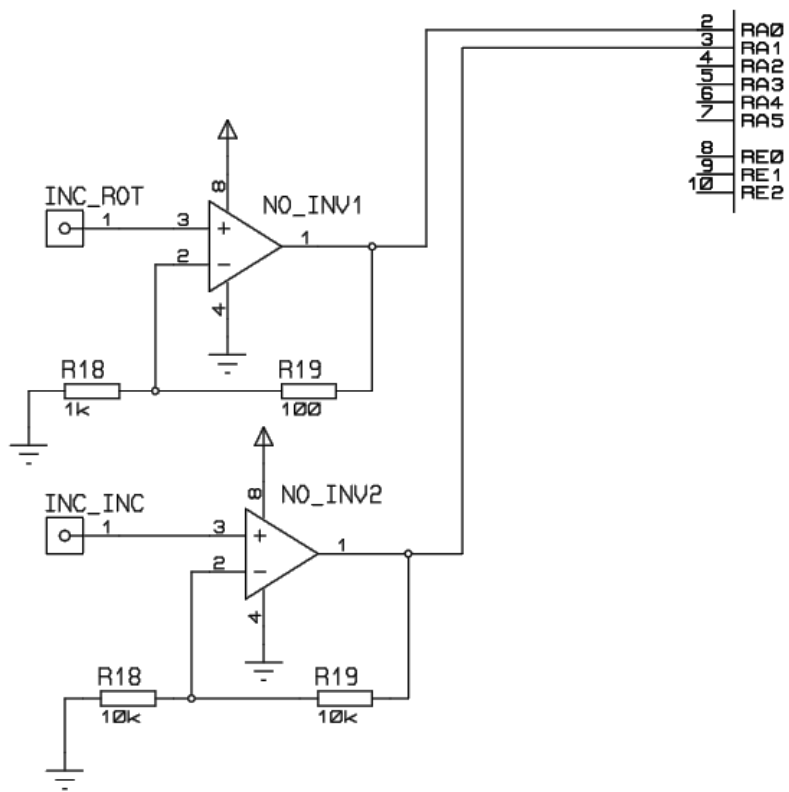


Figura 6. Sortides inclinòmetres i no inversors.

Per acabar tenim les entrades d'alimentació, l'entrada del cristall de freqüència i una entrada que provocarà un reset en el pic per posar-lo en l'estat inicial, necessari cada cop que canviem el seguidor de zona, tot això ho podem veure a la figura 7.

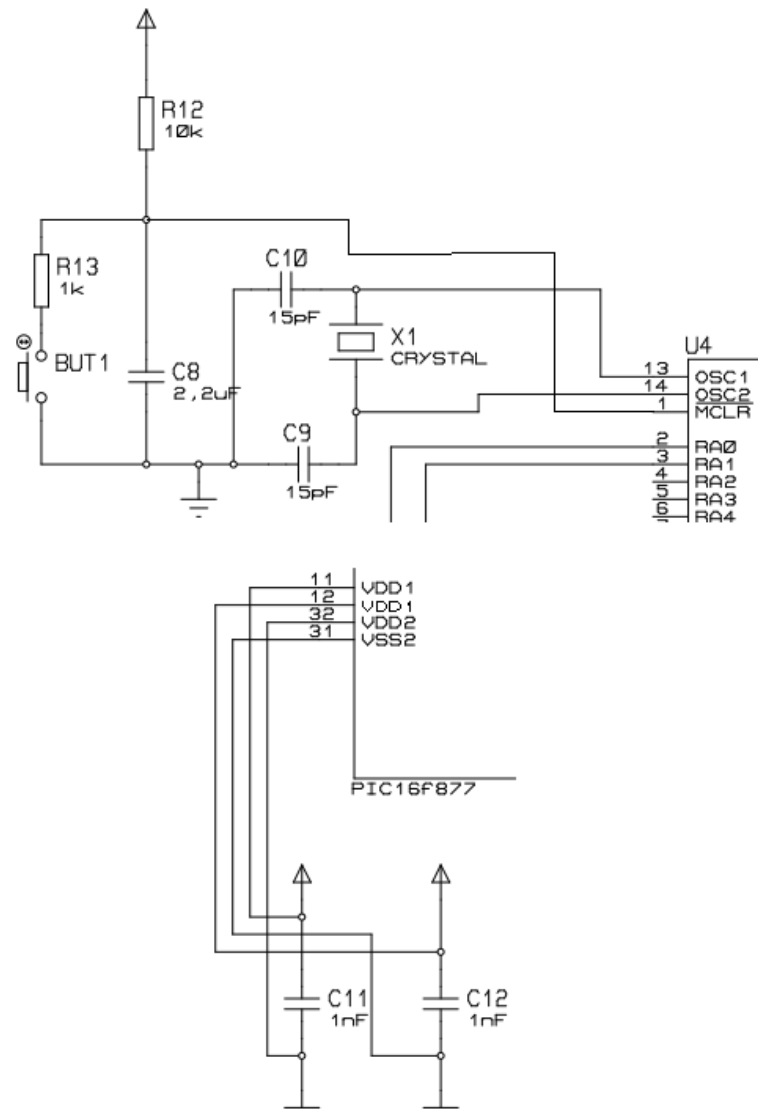


Figura 7. Alimentació, cristall i reset

3. Seguiment solar

Per explicar el funcionament de la placa i per consegüent el seguidor solar seguirem el següent diagrama de blocs, que no és més que el diagrama de flux del microcontrolador.

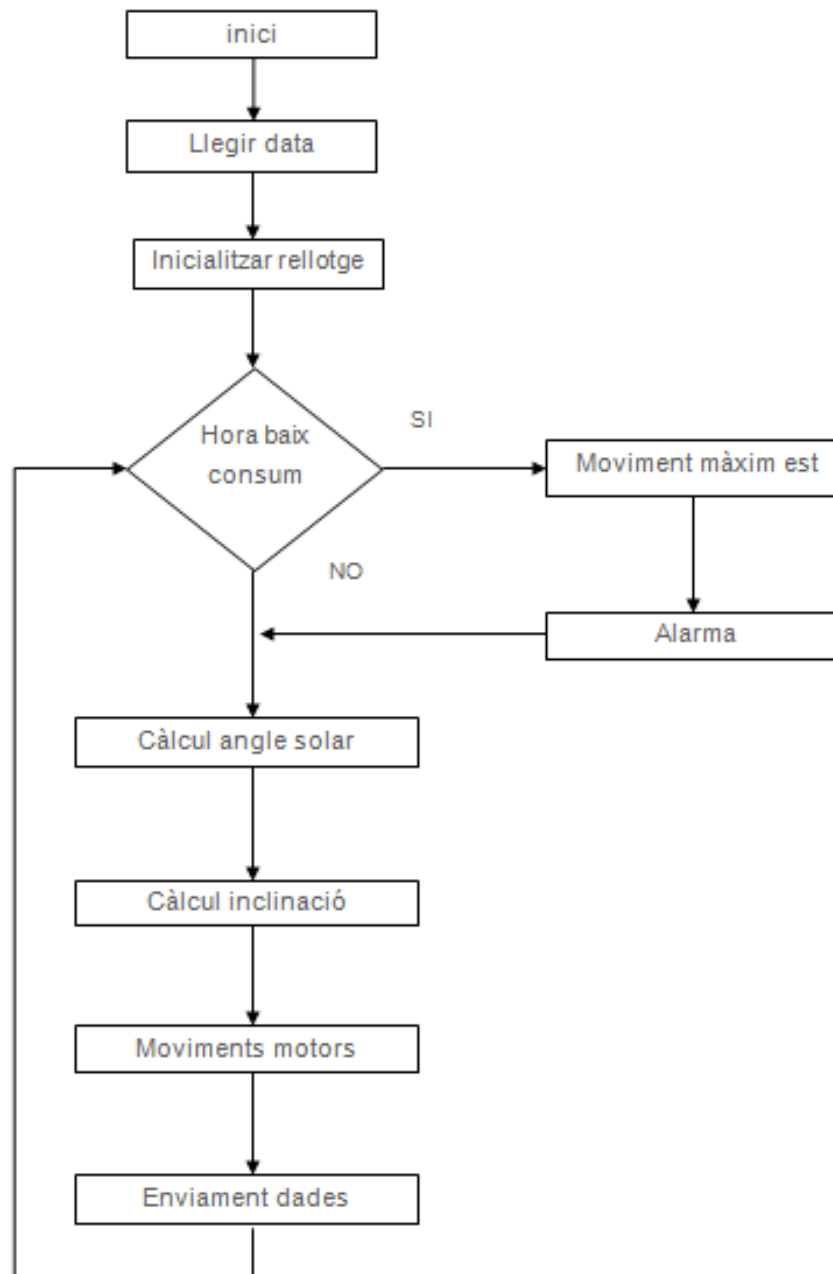


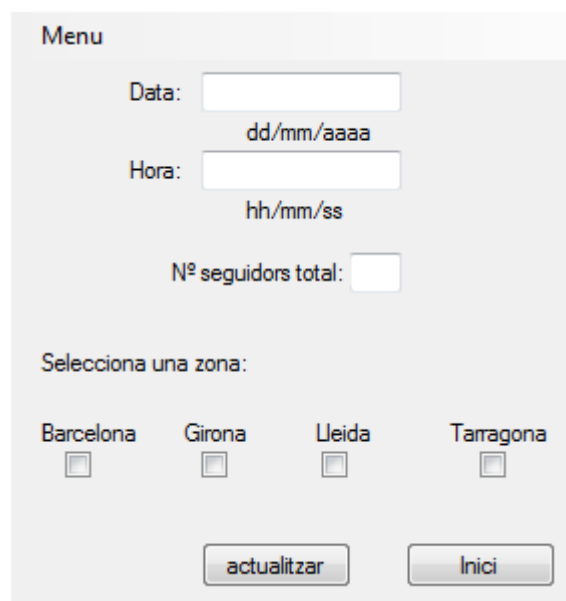
Figura 8. Diagrama flux programa seguiment solar

En inicialitzar el pic per primer cop, aquest estarà en espera a rebre per el port sèrie qualsevol dada que vindrà del pc on el programa s'estarà executant. En el programa tindrà un menú com a la següent figura:



Figura 9. Menú programa

En aquest programa seleccionarem el botó d'actualitzar i ens apareixerà una altre finestra on nosaltres entrarem la data, hora, longitud, latitud i el número total de seguidors que tenim, en aquest cas com nosaltres hem pensat aquest projecte seria per, hipotèticament, el control d'un camp de seguidors per una vivenda, hem decidit un màxim de cinc seguidors. En acabar d'entrar les dades tindrem que clicar el boto d'actualitzar i el programa enviarà per el port sèrie les dades al pic de la placa. En la figura 10 podem observa la finestra d'entrada de dades.

The image shows a data entry form titled "Menu". It contains the following fields and controls:

- "Data:" followed by a text input field with the placeholder "dd/mm/aaaa".
- "Hora:" followed by a text input field with the placeholder "hh/mm/ss".
- "Nº seguidors total:" followed by a small text input field.
- "Selecciona una zona:" followed by four radio button options: "Barcelona", "Girona", "Lleida", and "Tarragona".
- At the bottom, there are two buttons: "actualitzar" (update) and "Inici" (Start).

Figura 10. Entrada de dades

Seguint el diagrama podem observar la inicialització del rellotge, això no es res més la funció del pic que rep les dades del pc (data, hora, zona i numero de seguidors) i les administra segons convingui, la data i hora les envia al RTC i l'inicia per així poder tenir un control

exacte de la hora en cada moment, bàsic perquè sense la hora a cada moment no podrem calcular l'angle com explicarem més endavant.

Seguidament, en el diagrama trobem, la pregunta si es hora de baix consum, aquesta funció es repeteix a cada cicle de moviment per si ja és, en aquest cas les 23:00, la hora on comença a Catalunya l'horari de baix consum, per evitar un consum innecessari de corrent quan no hi ha sol.

Per seguir, suposarem que son les 23:00 i trobem la funció de moviment màxim a l'est, aquesta funció envia un senyal a la funció de moviment de rotació per moure les plaques al seu angle màxim cap a l'est (40°) i esperar la sortida del sol.

A continuació trobem la funció alarma, aquest funció es una funció interna del RTC que interromp tot el pic i el posa en espera fins que son les 5:00 del matí, hora en la qual el micro es "desperta" i continua el seu cicle.

La pròxima funció que trobaríem seria el càlcul de l'angle solar, per decidir l'angle en cada moment, hem creat una funció que calcula l'angle horari a cada moment.

Aquest angle, és un angle corresponent a la hora UTC. És l'angle descrit per el Sol al llarg de la circumferència que descriu cada dia, des de una determinada referència. A un període de 24 hores correspon a un angle de 360° , i a períodes menors correspondria a angles proporcionals.

La hora UTC, Temps Universal Coordinat, és el temps de la zona horària de referència respecte el qual es calcula els temps de totes les altres zones del mon. La zona horària de referència resulta ser la hora Solar del meridià de Greenwich

Com el projecte es realitza a Catalunya, agafarem la nostra hora, la hora UTC s'obté restant dos hores a aquest hora en horari d'estiu i una en horari d'hivern.

L'horari d'estiu comença a les 2:00(a.m.) del diumenge de l'últim cap de setmana complet de març i acaba a les primeres 3:00(a.m.) del diumenge de l'últim cap de setmana complet d'octubre. Per els càlculs ho aproximem als mesos d'abril a octubre. Per tant l'horari d'hivern es considerarà en els mesos des de novembre fins a març.

Un cop calculada la hora UTC, es converteixen els minuts i segons de la mateixa a hores, dividint per 60 i 3600 respectivament i es sumen els resultats a la hora. L'angle horari s'obté multiplicant la suma dels valors obtinguts per 360° i dividint per 24h, a causa de que en un dia, 24h, la terra dona una volta completa, recorre 360° .

Un cop tenim l'angle calculat el comparem amb l'angle màxim de rotació, en aquest cas hem decidit un angle màxim de rotació de 40° en positiu, i 40° en negatiu, l'angle escollit seguiria aquest moviment com es mostra a la figura següent.



Figura 11. Moviment rotació seguidor

Un cop tenim calculat l'angle de rotació, passarem a la següent funció que ens calcularà la inclinació que ha de tenir el seguidor. Aquest angle el podríem calcular a cada moment però el guany no és significatiu i hem optat perquè el moviment sigui per mesos, aquest angle l'hem aconseguit gràcies a les diferents taules que podem trobar en el Atlas de radiació solar de Catalunya, com podem observa en les figures següents.

Radiació solar global horària sobre superfícies inclinades (kJ/m^2). Estació: Barcelona

Inclinació: 30°. Orientació: 0°																	
Mes	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Total
Gen	0	0	0	226	741	1236	1641	1869	1869	1641	1236	741	226	0	0	0	11426
Feb	0	0	0	442	974	1506	1935	2175	2175	1935	1506	974	442	0	0	0	14065
Mar	0	0	180	687	1267	1829	2276	2524	2524	2276	1829	1267	687	180	0	0	17524
Abr	0	14	367	922	1528	2099	2546	2792	2792	2546	2099	1528	922	367	14	0	20539
Mai	0	97	504	1074	1676	2232	2671	2906	2906	2671	2232	1676	1074	504	97	0	22320
Jun	0	130	566	1140	1736	2291	2710	2938	2938	2710	2291	1736	1140	566	130	0	23022
Jul	0	114	539	1116	1720	2284	2711	2944	2944	2711	2284	1720	1116	539	114	0	22858
Ago	0	50	430	1003	1619	2195	2655	2901	2901	2655	2195	1619	1003	430	50	0	21708
Set	0	0	262	803	1409	1990	2448	2701	2701	2448	1990	1409	803	262	0	0	19228
Oct	0	0	0	553	1121	1681	2130	2380	2380	2130	1681	1121	553	0	0	0	15729
Nov	0	0	0	309	828	1342	1761	1995	1995	1761	1342	828	309	0	0	0	12469
Des	0	0	0	160	678	1164	1564	1789	1789	1564	1164	678	160	0	0	0	10709

Figura 12. Radiació solar a Barcelona

Inclinació: 45°. Orientació: 0°																	
Mes	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Total
Gen	0	0	0	292	857	1387	1819	2061	2061	1819	1387	857	292	0	0	0	12832
Feb	0	0	0	504	1062	1619	2069	2321	2321	2069	1619	1062	504	0	0	0	15152
Mar	0	0	188	702	1294	1871	2330	2585	2585	2330	1871	1294	702	188	0	0	17943
Abr	0	14	313	862	1468	2044	2496	2746	2746	2496	2044	1468	862	313	14	0	19887
Mai	0	97	380	939	1534	2088	2530	2766	2766	2530	2088	1534	939	380	97	0	20669
Jun	0	130	404	964	1552	2103	2520	2748	2748	2520	2103	1552	964	404	130	0	20844
Jul	0	114	393	957	1554	2116	2542	2775	2775	2542	2116	1554	957	393	114	0	20904
Ago	0	50	345	911	1525	2102	2568	2816	2816	2568	2102	1525	911	345	50	0	20634
Set	0	0	248	791	1405	1997	2464	2723	2723	2464	1997	1405	791	248	0	0	19257
Oct	0	0	0	604	1193	1775	2242	2502	2502	2242	1775	1193	604	0	0	0	16630
Nov	0	0	0	383	941	1487	1931	2180	2180	1931	1487	941	383	0	0	0	13845
Des	0	0	0	222	800	1324	1753	1995	1995	1753	1324	800	222	0	0	0	12190

Inclinació: 60°. Orientació: 0°																	
Mes	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Total
Gen	0	0	0	341	923	1457	1891	2134	2134	1891	1457	923	341	0	0	0	13490
Feb	0	0	0	538	1091	1641	2085	2333	2333	2085	1641	1091	538	0	0	0	15374
Mar	0	0	187	681	1252	1809	2253	2500	2500	2253	1809	1252	681	187	0	0	17364
Abr	0	14	245	760	1332	1877	2307	2545	2545	2307	1877	1332	760	245	14	0	18159
Mai	0	95	243	759	1313	1832	2248	2468	2468	2248	1832	1313	759	243	95	0	17916
Jun	0	128	247	743	1288	1801	2190	2402	2402	2190	1801	1288	743	247	128	0	17600
Jul	0	112	233	753	1307	1833	2231	2449	2449	2231	1833	1307	753	233	112	0	17837
Ago	0	48	247	773	1349	1894	2337	2571	2571	2337	1894	1349	773	247	48	0	18440
Set	0	0	222	739	1325	1892	2341	2590	2590	2341	1892	1325	739	222	0	0	18220
Oct	0	0	0	621	1198	1768	2225	2480	2480	2225	1768	1198	621	0	0	0	16587
Nov	0	0	0	434	1000	1547	1990	2238	2238	1990	1547	1000	434	0	0	0	14416
Des	0	0	0	269	876	1407	1840	2083	2083	1840	1407	876	269	0	0	0	12952

Figura 13. Radiació solar a Barcelona

Radiació solar global horària sobre superfícies inclinades (kJ/m^2). Estació: Girona

Inclinació: 30°. Orientació: 0°																	
Mes	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Total
Gen	0	0	0	222	752	1257	1671	1904	1904	1671	1257	752	222	0	0	0	11612
Feb	0	0	0	437	967	1498	1928	2168	2168	1928	1498	967	437	0	0	0	13995
Mar	0	0	173	668	1233	1782	2219	2461	2461	2219	1782	1233	668	173	0	0	17072
Abr	0	16	358	888	1468	2015	2443	2679	2679	2443	2015	1468	888	358	16	0	19735
Mai	0	102	492	1029	1597	2122	2528	2750	2750	2528	2122	1597	1029	492	102	0	21242
Jun	0	138	552	1087	1645	2156	2548	2769	2769	2548	2156	1645	1087	552	138	0	21791
Jul	0	121	523	1059	1621	2137	2535	2761	2761	2535	2137	1621	1059	523	121	0	21514
Ago	0	54	413	944	1516	2051	2468	2696	2696	2468	2051	1516	944	413	54	0	20284
Set	0	0	246	748	1314	1856	2285	2521	2521	2285	1856	1314	748	246	0	0	17939
Oct	0	0	0	512	1048	1578	2003	2240	2240	2003	1578	1048	512	0	0	0	14762
Nov	0	0	0	284	792	1292	1700	1929	1929	1700	1292	792	284	0	0	0	11992
Des	0	0	0	154	677	1168	1572	1800	1800	1572	1168	677	154	0	0	0	10739

Figura 14. Radiació sola a Girona

Inclinació: 45°. Orientació: 0°																	
Mes	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Total
Gen	0	0	0	290	875	1417	1859	2108	2108	1859	1417	875	290	0	0	0	13097
Feb	0	0	0	500	1058	1616	2067	2318	2318	2067	1616	1058	500	0	0	0	15116
Mar	0	0	182	683	1262	1826	2275	2525	2525	2275	1826	1262	683	182	0	0	17506
Abr	0	16	307	833	1413	1965	2399	2639	2639	2399	1965	1413	833	307	16	0	19145
Mai	0	99	379	905	1467	1991	2398	2622	2622	2398	1991	1467	905	379	99	0	19723
Jun	0	135	405	927	1477	1984	2376	2597	2597	2376	1984	1477	927	405	135	0	19805
Jul	0	118	392	915	1470	1984	2382	2609	2609	2382	1984	1470	915	392	118	0	19745
Ago	0	54	337	861	1431	1968	2388	2620	2620	2388	1968	1431	861	337	54	0	19316
Set	0	0	233	738	1311	1864	2302	2544	2544	2302	1864	1311	738	233	0	0	17982
Oct	0	0	0	559	1115	1666	2110	2357	2357	2110	1666	1115	559	0	0	0	15613
Nov	0	0	0	354	901	1434	1868	2111	2111	1868	1434	901	354	0	0	0	13337
Des	0	0	0	217	804	1334	1769	2013	2013	1769	1334	804	217	0	0	0	12274

Inclinació: 60°. Orientació: 0°																	
Mes	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Total
Gen	0	0	0	339	946	1494	1939	2188	2188	1939	1494	946	339	0	0	0	13812
Feb	0	0	0	534	1089	1641	2087	2336	2336	2087	1641	1089	534	0	0	0	15373
Mar	0	0	181	663	1222	1768	2204	2446	2446	2204	1768	1222	663	181	0	0	16970
Abr	0	16	243	736	1285	1809	2223	2451	2451	2223	1809	1285	736	243	16	0	17527
Mai	0	96	252	738	1262	1754	2137	2347	2347	2137	1754	1262	738	252	96	0	17172
Jun	0	131	255	725	1235	1708	2074	2280	2280	2074	1708	1235	725	255	131	0	16814
Jul	0	114	247	729	1245	1726	2099	2311	2311	2099	1726	1245	729	247	114	0	16945
Ago	0	52	248	736	1272	1779	2177	2397	2397	2177	1779	1272	736	248	52	0	17321
Set	0	0	209	690	1238	1769	2191	2424	2424	2191	1769	1238	690	209	0	0	17042
Oct	0	0	0	574	1121	1662	2097	2339	2339	2097	1662	1121	574	0	0	0	15585
Nov	0	0	0	402	959	1494	1928	2171	2171	1928	1494	959	402	0	0	0	13907
Des	0	0	0	266	883	1422	1862	2109	2109	1862	1422	883	266	0	0	0	13082

Figura 15. Radiació solar a Girona

Radiació solar global horària sobre superfícies inclinades (kJ/m^2). Estació: Lleida - Raimat

Inclinació: 30°. Orientació: 0°																	
Mes	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Total
Gen	0	0	0	103	454	802	1088	1250	1250	1088	802	454	103	0	0	0	7393
Feb	0	0	0	338	781	1228	1589	1842	1842	1589	1228	781	338	0	0	0	11557
Mar	0	0	167	635	1203	1740	2166	2402	2402	2166	1740	1203	635	167	0	0	16626
Abr	0	15	371	930	1541	2116	2566	2813	2813	2566	2116	1541	930	371	15	0	20706
Mai	0	96	518	1108	1730	2315	2759	3001	3001	2759	2315	1730	1108	518	96	0	23052
Jun	0	126	585	1183	1812	2382	2818	3055	3055	2818	2382	1812	1183	585	126	0	23923
Jul	0	111	555	1154	1788	2363	2805	3046	3046	2805	2363	1788	1154	555	111	0	23645
Ago	0	50	437	1018	1642	2225	2692	2941	2941	2692	2225	1642	1018	437	50	0	22010
Set	0	0	254	778	1365	1927	2372	2617	2617	2372	1927	1365	778	254	0	0	18625
Oct	0	0	0	458	950	1438	1876	2099	2099	1876	1438	950	458	0	0	0	13645
Nov	0	0	0	185	556	937	1250	1427	1427	1250	937	556	185	0	0	0	8709
Des	0	0	0	30	333	666	924	1070	1070	924	666	333	30	0	0	0	6045

Figura 16. Radiació solar a Lleida

Inclinació: 45°. Orientació: 0°																	
Mes	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Total
Gen	0	0	0	128	506	876	1181	1352	1352	1181	876	506	128	0	0	0	8088
Feb	0	0	0	376	838	1303	1680	1960	1960	1680	1303	838	376	0	0	0	12313
Mar	0	0	174	643	1229	1779	2218	2462	2462	2218	1779	1229	643	174	0	0	17011
Abr	0	15	316	871	1482	2063	2519	2770	2770	2519	2063	1482	871	316	15	0	20072
Mai	0	96	389	968	1585	2171	2616	2859	2859	2616	2171	1585	968	389	96	0	21366
Jun	0	127	413	999	1622	2188	2623	2860	2860	2623	2188	1622	999	413	127	0	21665
Jul	0	112	401	988	1618	2192	2634	2875	2875	2634	2192	1618	988	401	112	0	21638
Ago	0	50	350	925	1548	2133	2607	2859	2859	2607	2133	1548	925	350	50	0	20946
Set	0	0	241	767	1361	1935	2389	2640	2640	2389	1935	1361	767	241	0	0	18666
Oct	0	0	0	492	999	1503	1971	2203	2203	1971	1503	999	492	0	0	0	14334
Nov	0	0	0	223	614	1017	1347	1533	1533	1347	1017	614	223	0	0	0	9467
Des	0	0	0	41	370	733	1009	1164	1164	1009	733	370	41	0	0	0	6634

Inclinació: 60°. Orientació: 0°																	
Mes	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Total
Gen	0	0	0	146	533	905	1210	1381	1381	1210	905	533	146	0	0	0	8348
Feb	0	0	0	395	850	1308	1679	1966	1966	1679	1308	850	395	0	0	0	12397
Mar	0	0	172	620	1189	1721	2146	2382	2382	2146	1721	1189	620	172	0	0	16461
Abr	0	15	247	768	1346	1897	2331	2570	2570	2331	1897	1346	768	247	15	0	18349
Mai	0	94	245	781	1357	1908	2326	2555	2555	2326	1908	1357	781	245	94	0	18529
Jun	0	126	242	766	1346	1875	2281	2503	2503	2281	1875	1346	766	242	126	0	18278
Jul	0	110	233	775	1362	1899	2313	2539	2539	2313	1899	1362	775	233	110	0	18464
Ago	0	49	250	786	1371	1924	2375	2614	2614	2375	1924	1371	786	250	49	0	18738
Set	0	0	216	716	1285	1835	2272	2514	2514	2272	1835	1285	716	216	0	0	17678
Oct	0	0	0	500	994	1487	1954	2182	2182	1954	1487	994	500	0	0	0	14235
Nov	0	0	0	248	639	1042	1371	1556	1556	1371	1042	639	248	0	0	0	9712
Des	0	0	0	50	388	762	1039	1196	1196	1039	762	388	50	0	0	0	6870

Figura 17. Radiació solar a Lleida

Radiació solar global horària sobre superfícies inclinades (kJ/m^2). Estació: Tarragona

Inclinació: 30°. Orientació: 0°																	
Mes	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Total
Gen	0	0	0	258	809	1335	1765	2007	2007	1765	1335	809	258	0	0	0	12346
Feb	0	0	0	490	1061	1631	2091	2347	2347	2091	1631	1061	490	0	0	0	15240
Mar	0	0	196	742	1365	1967	2445	2710	2710	2445	1967	1365	742	196	0	0	18850
Abr	0	13	385	979	1627	2236	2726	2989	2989	2726	2236	1627	979	385	13	0	21910
Mai	0	91	520	1127	1767	2367	2823	3072	3072	2823	2367	1767	1127	520	91	0	23534
Jun	0	122	580	1187	1825	2403	2845	3086	3086	2845	2403	1825	1187	580	122	0	24095
Jul	0	108	551	1157	1799	2383	2831	3075	3075	2831	2383	1799	1157	551	108	0	23809
Ago	0	51	440	1038	1679	2290	2756	3012	3012	2756	2290	1679	1038	440	51	0	22532
Set	0	0	270	829	1454	2053	2526	2802	2802	2526	2053	1454	829	270	0	0	19869
Oct	0	0	0	572	1154	1728	2187	2443	2443	2187	1728	1154	572	0	0	0	16170
Nov	0	0	0	327	857	1383	1811	2051	2051	1811	1383	857	327	0	0	0	12855
Des	0	0	0	184	719	1223	1637	1871	1871	1637	1223	719	184	0	0	0	11267

Figura 18. Radiació solar a Tarragona

Inclinació: 45°. Orientació: 0°																	
Mes	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Total
Gen	0	0	0	334	937	1500	1958	2215	2215	1958	1500	937	334	0	0	0	13890
Feb	0	0	0	561	1160	1757	2238	2507	2507	2238	1757	1160	561	0	0	0	16446
Mar	0	0	207	760	1396	2013	2504	2777	2777	2504	2013	1396	760	207	0	0	19315
Abr	0	13	324	914	1562	2176	2676	2941	2941	2676	2176	1562	914	324	13	0	21212
Mai	0	91	385	980	1613	2214	2670	2920	2920	2670	2214	1613	980	385	91	0	21745
Jun	0	123	405	997	1628	2201	2641	2881	2881	2641	2201	1628	997	405	123	0	21752
Jul	0	108	394	988	1623	2203	2650	2894	2894	2650	2203	1623	988	394	108	0	21723
Ago	0	50	350	940	1579	2194	2664	2921	2921	2664	2194	1579	940	350	50	0	21395
Set	0	0	255	816	1450	2059	2541	2828	2828	2541	2059	1450	816	255	0	0	19899
Oct	0	0	0	625	1228	1824	2301	2567	2567	2301	1824	1228	625	0	0	0	17090
Nov	0	0	0	405	974	1532	1985	2239	2239	1985	1532	974	405	0	0	0	14270
Des	0	0	0	253	849	1392	1836	2086	2086	1836	1392	849	253	0	0	0	12833

Inclinació: 60°. Orientació: 0°																	
Mes	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Total
Gen	0	0	0	389	1011	1577	2037	2294	2294	2037	1577	1011	389	0	0	0	14615
Feb	0	0	0	600	1193	1782	2256	2521	2521	2256	1782	1193	600	0	0	0	16703
Mar	0	0	206	738	1350	1946	2421	2684	2684	2421	1946	1350	738	206	0	0	18692
Abr	0	12	250	802	1414	1996	2472	2725	2725	2472	1996	1414	802	250	12	0	19344
Mai	0	90	235	785	1375	1938	2366	2600	2600	2366	1938	1375	785	235	90	0	18780
Jun	0	122	238	760	1345	1878	2289	2512	2512	2289	1878	1345	760	238	122	0	18290
Jul	0	107	226	770	1362	1903	2320	2548	2548	2320	1903	1362	770	226	107	0	18472
Ago	0	49	245	795	1394	1976	2420	2663	2663	2420	1976	1394	795	245	49	0	19085
Set	0	0	228	762	1366	1950	2412	2691	2691	2412	1950	1366	762	228	0	0	18817
Oct	0	0	0	643	1234	1816	2283	2543	2543	2283	1816	1234	643	0	0	0	17038
Nov	0	0	0	458	1034	1592	2044	2297	2297	2044	1592	1034	458	0	0	0	14852
Des	0	0	0	306	929	1479	1927	2178	2178	1927	1479	929	306	0	0	0	13638

Figura 19. Radiació solar a Tarragona

Els angles d'inclinació seran, 30°, 45° o 60° segons zona i més de l'any.

Un cop calculats els dos angles, arribem a la funció del moviment dels motors aquests motors es mouran segons els angles calculats anteriorment.

Aquests motors són de corrent contínua, necessitem uns motors capaços de moure, mínim, uns 10kg, aquests motors al ser de corrent continu, no tenim manera de saber el seu estat en cada moment, per això necessitem els inclinòmetres, esmentats anteriorment al capítol d'entrades i sortides.

Abans de començar a parlar de com movem els motors, parlarem de com funcionen aquests inclinòmetres, aquest sensors tenen aquest disseny, que veiem a la següent figura.

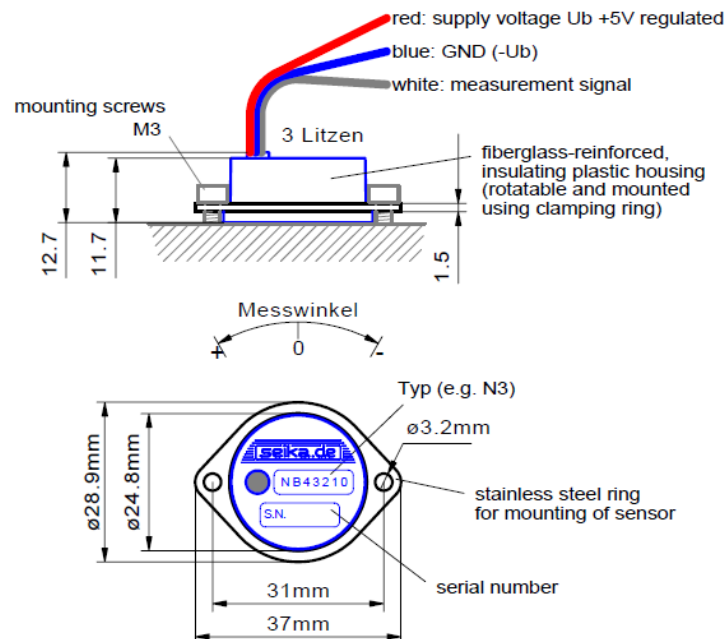


Figura 20. Mides i disseny inclinòmetres.

Com podem observar aquest inclinòmetres no son molt grossos, i els podem posar en el lloc de la placa que més ens convingui, per poder tenir controlat el moviment azimuthal (en el nostre cas serà de est a oest) i el moviment d'inclinació utilitzarem dos inclinòmetres, distribuïts de la següent manera:

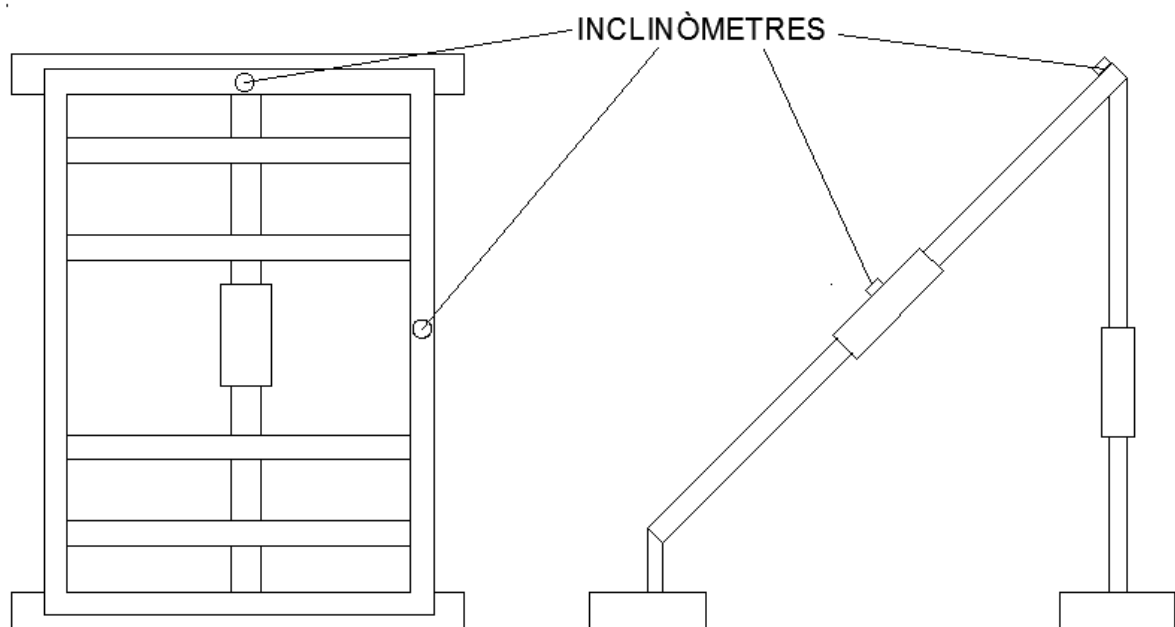


Figura 21. Distribució seguidor.

La senyal que envia aquest inclinòmetres, segons full de característiques, son d'uns 3,6mV/grau, aquesta senyal, perquè el pic la reconegui és molt petita, les entrades analògiques del pic son de 10 bits, per tant, només es capaç de llegir increments de 4,8mV.

Per poder llegir millor la senyal utilitzem el circuit inversors abans esmentat, aquest circuit inversor segueix un esquema així:

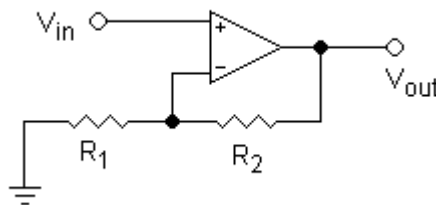


Figura 22. Esquema no inversor

Seguin aquesta equació:

$$V_{out} = V_{in} (1 + (R_2/R_1)) \quad (\text{Eq.1})$$

Volem aconseguir multiplicar per 11 la senyal, per tant, R_2 serà 1k Ω i R_1 100 Ω .

Amb la senyal amplificada, aquesta arriba al pic, en el pic el programa de càlcul de moviment del motor utilitza aquesta senyal per generar un angle, al mateix temps anem donant senyal de moviment al motor, el programa el que fa es anar calculant l'angle donat per els inclinòmetres fins que s'iguali amb l'angle calculat anteriorment, a la funció d'angle horari. Per seguretat, a l'angle teòric li afegim dos graus de seguretat per si per alguna cosa l'angle del inclinòmetre no fos suficientment precís.

Un cop els angles han sigut calculats, els motor s'han mogut, toca enviar les dades per el port sèrie, aquest cas seria la funció enviament dades, aquestes dades arriben al pc i el pc ens mostra una pantalla així:



Figura 23. Calendari i plaques programa del pc

Aquí tenim un calendari on ens mostra la data actual i si seleccionem el seguidor que ens interessa en mostrarà l'angle i la inclinació de cada un. En el nostre cas cada seguidor tindrà el mateix angle, però es una opció utilitzada per poder veure possibles errors si tenim algun seguidor que no te el mateix angle o inclinació. També el programa ens anirà guardan cada 30 segons un fitxer, perquè així el reiniciar l'ordinador el programa pugui tenir un punt on iniciar-se, encara que a cada cicle de programa la informació s'actualitzaria.

4. Drivers dels motors

Els motors encarregats del moviment de la placa seran dos motor idèntics però amb funcionament diferents, com ja hem explicat en el capítol anterior.

Els motors encarregats de la rotació i l'inclinació estaran governats directament pel pic. Com la senyal de moviment de motor sempre surt per els mateixos pins de sortida el programa s'encarregarà d'activar els rel·les quan sigui necessari, en estat de repòs del rel·lé la senyal arribarà al motor de rotació i quan activem el rel·lé la senyal arribarà al motor d'inclinació.

Com el pic no te prou potència per alimentar directament els motors hem optat per dissenyar un pont de MOSFETs per alimentar els motors així assegurar-nos que els motors sempre estaran alimentats correctament, també per evitar possibles baixades de tensió o interferències en el corrent hem col·locat uns restadors a les entrades del pont, a continuació explicarem amb més detall cada part.

4.1. Inversor

La funció principal de l'inversor es poder donar-li més tensió al motor si fos necessari. Aquest circuit permet alimentar el pont de MOSFETs amb un nivell adequat de tensió. El circuit el podem observar a la següent figura.

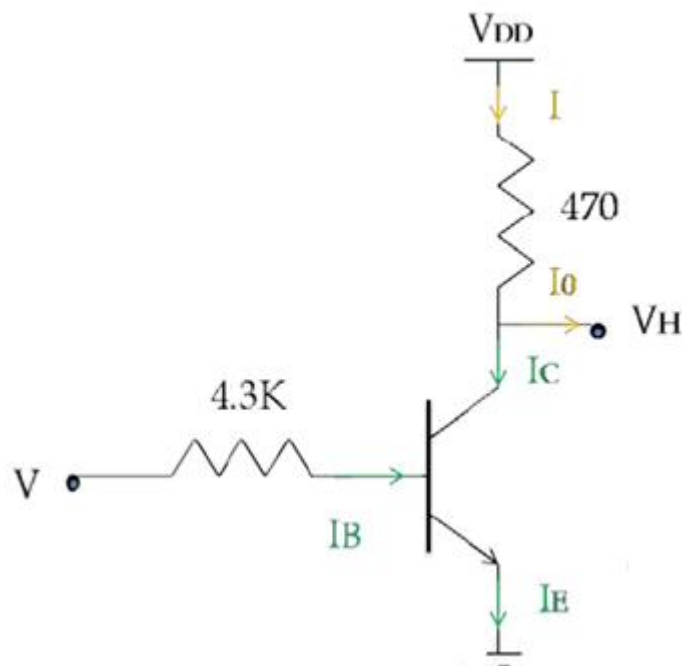


Figura 24. Esquema per el càlcul del funcionament de l'inversor

Sent V la tensió que surt del pic, dels pins CCP1 i CCP2. V_h és la tensió que entra en el pont de MOSFETs, i també la tensió de col·lector. V_{DD} és la tensió d'alimentació del circuit inversor.

Segons les característiques del transistor:

El guany mínim de corrent és, $h_{FE}=30$, al ser:

$$I_C + I_B = I_E \quad (\text{Eq.2})$$

I com a mínim:

$$I_C = h_{FE} \cdot I_B \quad (\text{Eq.3})$$

En mode actiu, es pot determinar que:

$$I_B = I_E / 31 = I_E \cdot 0.03225 \quad (\text{Eq.4})$$

Per la tensió:

$V_{BE_{max}} = 0.85V$, al ser $V_E=0V$ ja que l'emissor està connectat a terra, s'obté que $V_B = 0.85V$.

Per un altre costat tenim que:

$$I = I_C + I_o \quad (\text{Eq.5})$$

La corrent I_o és la que entra en el pont de MOSFETs; aquesta corrent és inferior a 100nA, per tant es pot menystenir (provoca molt poc caiguda de tensió a la resistència de 470 Ω) i es considera que $I_o = 0A$ i $I = I_C$.

Solucionant el circuit tenim les següents equacions:

$$V - V_B = I_B \cdot 4.3 \cdot 10^3 \quad (\text{Eq.6})$$

$$V_{DD} - V_H = 470 \cdot I_C \quad (\text{Eq.7})$$

Al ser un circuit digital $V=5V$ o $V=0V$.

Per el cas de $V=5V$ obtenim amb eq.6 que:

$$I_B = 4.15 / (4.3 \cdot 10^3) = 0.965mA \quad (\text{Eq.8})$$

Utilitzant eq.2 podem determinar que:

$$I_C = 28.95mA \quad (\text{Eq.9})$$

Per tant amb eq.7 obtenim:

$$V_H = V_{DD} - (470 \cdot 0.02895) = V_{DD} - 13.6 \quad (\text{Eq.10})$$

Com la tensió VDD és inferior a 5V el resultat serà negatiu. No és possible que la tensió del col·lector sigui inferior a la del emissor, per tant es pot dir que en aquest cas el transistor entra en saturació

En condicions de saturació la tensió màxima entre col·lector i emissor és $V_{CE} = 0.3V$ com es pot veure a la fulla d'especificacions del transistor. Com $V_E = 0V$ obtenim que, en el cas més desfavorable, $V_C = 0.3V$. La intensitat del col·lector ara serà :

$$I_C = 4.7/470 = 10mA \quad (\text{Eq.11})$$

I_B no canvia de valor i aplicant eq.2:

$$I_E = 10 + 0.965 = 10.965mA \quad (\text{Eq.12})$$

Quan $V=0V$ obtenim aplicant eq.6:

$$I_B = -0.85/(4.3 \cdot 10^3) = -0.2mA \quad (\text{Eq.13})$$

Això és impossible ja que la intensitat base del transistor no pot tenir aquest sentit en un transistor NPN. Per tant es pot suposar que el transistor està en aquest cas en tall, on $I_B=I_C=I_E=0A$. Obtenim amb eq.6 que $V_B=0V$ i amb eq.7 que $V_H=VDD$.

Podem dir que l'efecte que te l'inversor sobre el circuit es per una tensió d'entrada de 5V, la tensió que entra en el pont de MOSFETs és 0.3V, i per una tensió d'entrada de 0V, la tensió d'entrada al pont puja fins el valor d'alimentació del circuit VDD, amb això assegurem que només un dels dos MOSFETs de cada costat del pont estiguin actius (evitarem estat intermitjos que podrien provoca l'activació dels dos MOSFETs d'un mateix costat, causant un curtcircuit a través d'ells).

4.2 Etapa de potència

Aquesta etapa es necessària ja que el motor no pot estar connectat directament a la sortida del microcontrolador perquè les sortides d'aquest no tenen suficient potència per moure el motor.

Per solucionar això, s'utilitzen etapes de potència formades per MOSFET de potència. S'utilitzen MOSFETs en comptes de transistors ja que els primers presenten importants millores en l'eficiència del pont (necessiten menys intensitat de senyal i tenen menors caigudes de tensió).

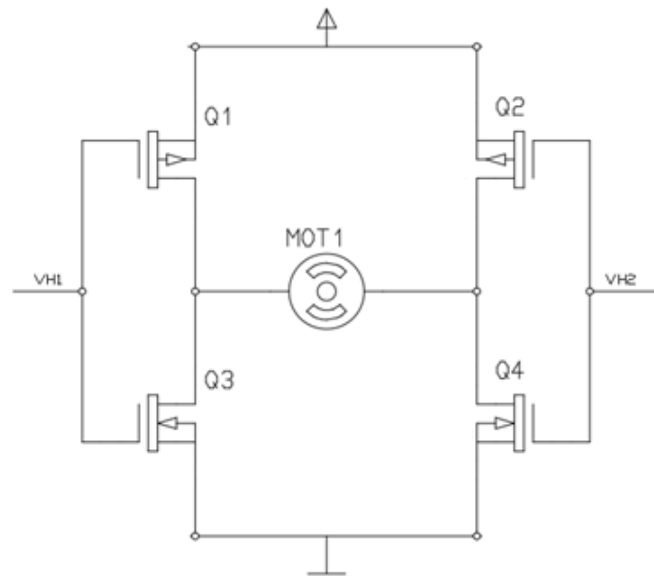


Figura 25. Esquema del pont de MOSFETs

S'utilitzen dos tipus de MOSFET, de canal P i de canal N:

Q1 i Q2 de canal P

Q3 i Q4 de canal N

A continuació explicarem els tres modes de funcionament del pont de MOSFETs. Les entrades al pont VH1 i VH2 son les sortides de l'inversor, poden ser 0V (aproximadament) o 5V (si VDD és 5V). Observem que la font dels MOSFET de canal P està connectada a 5V i la dels MOSFET de canal N, a terra.

S'utilitzarà per els MOSFETs de canal P la tensió llindar màxima, la típica $V_{th} = -4V$ i per els de canal N la típica $V_{th} = -1.9V$.

4.2.1.Motor parat

Per $VH1 = 0V$ i $VH2 = 0V$ tenim que:

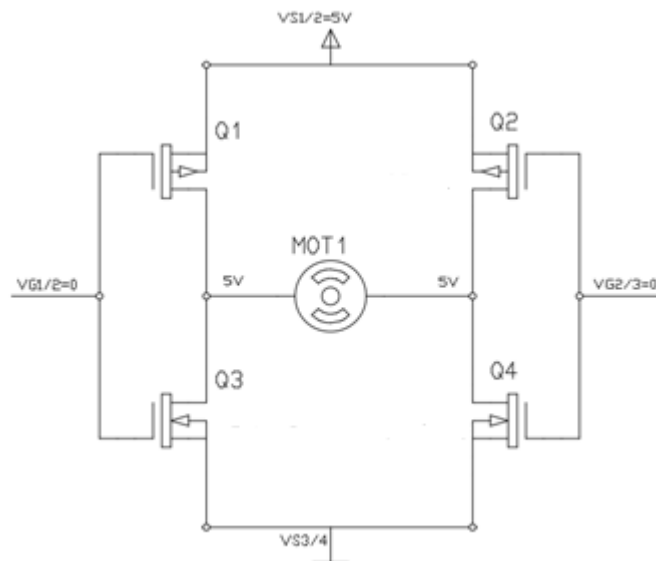


Figura 26. Motor parat, entrades 0V

MOSFETs de canal P:

Q1: $V_{G1}=0V$. Sabem que $V_{s1} + V_{th} = 5-4=1V > V_{G1}$, llavors V_{G1} és suficientment inferior a V_{s1} i podem dir que Q1 condueix.

Q2: $V_{G2}=0V$. Amb el mateix raonament que per Q1 podem dir que Q2 condueix

MOSFETs de canal N:

Q3: $V_{G3}=0V$. Per tant $V_{G3}=0V$; això suposa que Q3 està en tall.

Q4: $V_{G4}=0V$. Seguint el mateix raonament que Q3, Q4 està en tall.

Al tenir Q3 i Q4 en estat de tall i Q1 i Q2 conduint s'obté que $V_{D2}=V_{D1}$, no existeix diferència de potencial entre les entrades del motor i per tant el motor es queda parat.

Per $V_{H1}=5V$ i $V_{H2}=5V$:

És el mateix cas però el contrari.

Tenim Q1 i Q2 en estat de tall i Q3 i Q4 conduint s'obté que $V_{D3}=V_{D4}$, no existeix diferència de potencial entre les entrades del motor i per tant el motor es queda parat.

4.2.2. Motor girant

Per $V_{H1}=5V$ i $V_{H2}=0V$:

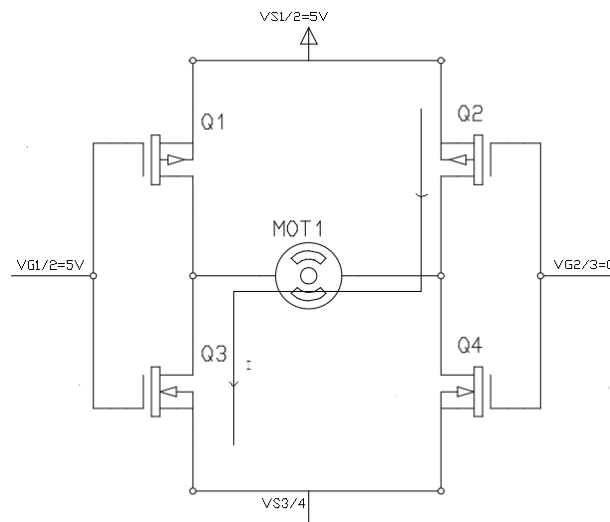


Figura 27. Motor girant en un sentit

MOSFETs de canal P:

Q1: $V_{G1}=5V$. V_{G1} és igual a V_{S1} per tant Q1 no condueix, està en estat de tall

Q2: $V_{G2}=0V$. Sabem que $V_{S2} - 4 = 1V$, per tant V_{G2} és suficientment inferior a V_{S2} i podem dir que Q2 condueix

MOSFETs de canal N:

Q4: $V_{G4}=0V$. Per tant $V_{G4}=0V$, això suposa que Q4 està en tall.

Q3: $V_{G3}=5V$. Doncs $V_{G3}=5V$, per tant Q3 condueix i està en zona de saturació, per tant aquest es comporta com un interruptor tancat (connectat).

Amb la següent corba, obtinguda de la fulla de característiques del MOSFET, es determina la intensitat màxima que pot passar per aquest:

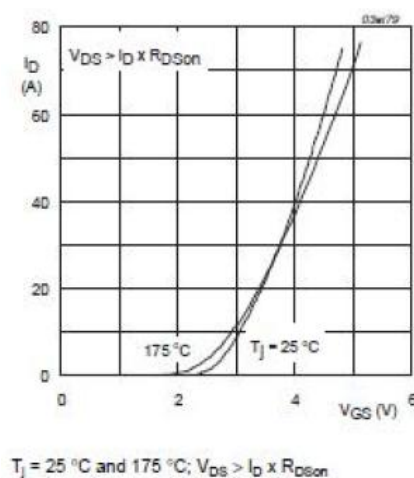


Figura 28. Corrent del drenador en funció del voltatge porta – font del MOSFET de canal N

Amb $V_{GS3}=5V$ s'obté que $I_D \leq 75A$. Donat que mai amb l'alimentació que tenim aconseguirem corrents superiors a 75 A, estarem a la zona de conducció lineal.

Per tant un terminal del motor estarà connectat a 5V a través de Q2 i l'altre terminal a terra través de Q3, per tant existirà un diferencial de potencial entre els dos terminals i el motor girarà.

Acabant $V_{H1}=0V$ i $V_{H2}=5V$, tenim que:

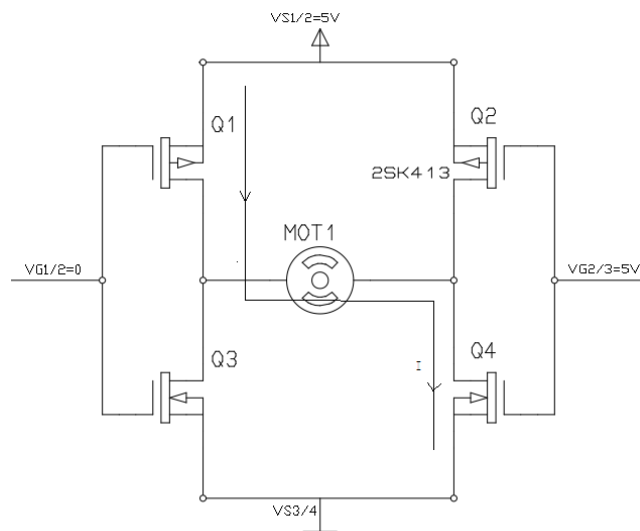


Figura 29. Motor girant en sentit contrari

El raonament és el mateix que l'apartat anterior, però Q1 i Q4 estan conduint i Q2 i Q3 en tall, per tant el motor gira en sentit contrari.

5. Mecanitzat

La caixa de la placa serà de plàstic transparent de 300x200x150 amb una tanca de seguretat perquè només el responsable directe de la instal·lació tingui accés a la manipulació directa de la placa.

Tots els cables entren pel darrere de la caixa per seguir una direcció i evitar embolics de cables.

6. Resum del pressupost

El cost de la realització pràctica d'aquest projecte és de sis-cents quatre euros amb trenta un cèntims, sense IVA.

7. Conclusions

El projecte podem dir que compleix els objectius abans esmentats, tenim una interfície de pc que ens monitoritza a cada moment l'estat dels seguidors, la placa electrònica ens controla a cada instant angle i inclinació necessàries per els seguidors i tenim els drivers de motor dissenyats.

Per modificacions futures el primer que hauríem mirar es quin disseny de seguidor solar és més adequat, ja que aquest projecte es purament un projecte del disseny de la placa i el programa de seguiment. També hauríem de veure si el moviment d'inclinació de la placa és correcte amb motor o millor aplicar un pistó que pugui o baixi.

També podríem comprovar si el disseny es adequat per portar a pràctica o necessitaríem més controls de seguretat, en aquest cas només tenim dues piles de 1.5v que mantenen en corrent el RTC, podria ser interessant mirar de dissenyar un circuit autorecarregable.

Parlant de la seguretat, també podríem controlar el moviment de les plaques amb algun sensor extern més, ja que si algun dia plou la nostre placa farà el moviment que hagi de fer o si algú està aprop de la placa aquesta placa continua el moviment sense aturar-se.

Per futures millores, el programa de pc podria ser controlat per una dispositiu mòbil, per així tenir el control de les plaques a qualsevol punt del mon, i afegir més zones climàtiques, encara que aquest punt seria buscar un altes de radiació climàtica d'Espanya i no un de Catalunya.

Marc Castaño Sencianes

Enginyer Tècnic Industrial especialitat en Electrònica Industrial

Girona, 31 de maig del 2012

8. Relació de documents

Els documents del projecte són: memòria, plànols, plec de condicions, estat d'amidaments, pressupost.

9. Bibliografia

Alldatasheet. (<http://www.alldatasheet.com>, 2 de febrer de 2012): PIC 16f877, RTC, MOSFET, transistors, max232.

Edminister J.A., Nahvi M. Circuitos eléctricos. Ed. Mc Graw Hill. 575 pàgines. 3 Edició. 2003.

Institut Català d'Energia, Atlas de radiació solar a Catalunya (Edició. 2000)

Malvino, Albert Paul. Principios de electrónica Editorial McGraw-Hill, 5ª ed. 1994

Telkron. Components electrònics (<http://www.telkron.es/>, 10 de febrer de 2012)

W. Hayt jr., J.E. Kemmerly, S.M. Durbin. Anàlisis de circuits en ingenieria. Ed. Mc Graw Hill. 833 pàgines. 6 Edició. 2002.

Wikipedia, la enciclopedia libre. Enciclopedia web. (<http://es.wikipedia.org/wiki/MainPage>, 4 de març de 2012).

10. Glossari

LED: (Light-Emitting Diode) diode emissor de llum.

RTC: (Real Time Clock) rellotge en temps real.

UTC: (Universal Time Coordination) temps universal coordinat.

A. Programa

inicialització rellotge

```
#include <16F877.H>
#include <DS1302.h>
int dia, mes, any, hora, minut, diasem;
void main() {
    rtc_init();

    llegir_dades(dia, mes, any, hora, minut, diasem)

    //Es converteix el valors a BCD
    dia=dia+abs(dia/10)*6;
    mes=mes+abs(mes/10)*6;
    any=any+abs(anio/10)*6;
    hora=hora+abs(hora/10)*6;
    minut=minut+abs(minuto/10)*6;
    diasem=diasem+abs(diasem/10)*6;

    rtc_set_datetime(dia, mes, any, diasem, hora, minut);
}
```

Programa principal

```
#include <16F877.H>
#use delay(clock=12000000) // cristall de 12MHz
#use rs232(baud=9600,xmit=PIN_Bo,rcv=Pin_B1,bits=8,parity=n)
#include <DS1307.h>
#include <math.h>
#include <calculo.h>
#include <llegir_inclinometre_rot.h>
#include <llegir_inclinometre_inc.h>
#include <llegir_rellotge.h>
#include <llegir_num_seguidor.h>
#include <calcular_angle.h>
```

```
BYTE day, mth, year, dow, hr, min, sec;
float hora_decimal, angle_teor, angle_real, angle_teormenys, angle_teormes,
int num_seguidor;
void main() {
set_tris_c(11111001); //RC1 y RC2 sortida de dades
SETUP_TIMER_2(T2_DIV_BY_16,255,1);
do{
//Lectura de la hora: FUNCIO llegir_rellotge
llegir_rellotge(day,mth,year,dow,hr,min,sec);
llegir_num_seguidor(num_seguidor)

if (hr<"5")
{
do{
RD0=1//Activem el rel.le 1
RD1=1//Activem el rel.le 2

//Càlcul de l'angle teòric: funció calcul_angle
angle_teor=calcular_angle(hr,min,sec,day,mth,year);
angle_teormes=angle_teor+2.0;
angle_teormenys=angle_teor-2.0;
//Angle donat per els inclinometres
//Funció llegir_inclinometres
angle_real=llegir_inclinometre_inc();
//Establecimiento del PWM
if((angle_teormenys<=angle_real)&&(angle_real<=angle_teormes)){
//si los angulos son iguales el motor tiene que estar parado
//PWM duty cycle es el tiempo q está en 1
SET_PWM1_DUTY(255);
SETUP_CCP1(CCP_PWM);
SET_PWM2_DUTY(255);
SETUP_CCP2(CCP_PWM);
```

```
}else if(angle_real<angle_teormenys){
//El motor ha de girar per aconseguir l'angle teòric
SET_PWM1_DUTY(10);
SETUP_CCP1(CCP_PWM);
SET_PWM2_DUTY(255);
SETUP_CCP2(CCP_PWM);
}else if(angle_real>angle_teormes){
SET_PWM1_DUTY(255);
SETUP_CCP1(CCP_PWM);
SET_PWM2_DUTY(10);
SETUP_CCP2(CCP_PWM);
}
}while(angle_real== angle_teor);

//Càlcul de l'angle teòric: funció calcul_angle
angle_teor=calcular_angle(hr,min,sec,day,mth,year);
angle_teormes=angle_teor+2.0;
angle_teormenys=angle_teor-2.0;
//Angle donat per els inclinometres
//Funció llegir_inclinometres
angle_real=llegir_inclinometre_rot();
//Establecimiento del PWM
if((angle_teormenys<=angle_real)&&(angle_real<=angle_teormes)){
//si los angulos son iguales el motor tiene que estar parado
//PWM duty cycle es el tiempo q está en 1
SET_PWM1_DUTY(255);
SETUP_CCP1(CCP_PWM);
SET_PWM2_DUTY(255);
SETUP_CCP2(CCP_PWM);
}else if(angle_real<angle_teormenys){
//El motor ha de girar per aconseguir l'angle teòric
SET_PWM1_DUTY(10);
SETUP_CCP1(CCP_PWM);
```

```
SET_PWM2_DUTY(255);
SETUP_CCP2(CCP_PWM);
}else if(angle_real>angle_teormes){
SET_PWM1_DUTY(255);
SETUP_CCP1(CCP_PWM);
SET_PWM2_DUTY(10);
SETUP_CCP2(CCP_PWM);
}
delay_ms(50);
enviar_dades(angle_teor,inclinacio,num_seguidor)
delay_ms(50);
}while(true);
}

llegir_rellotge(byte& day, byte& mth, byte& year, byte& dow,byte&hr, byte&min,
byte& sec)
void llegir_rellotge(BYTE& day, BYTE& mth, BYTE& year, BYTE& dow, BYTE& hr,
BYTE& min, BYTE& sec){
rtc_get_date(day,mth,year,dow);
rtc_get_time(hr,min,sec);
//Conversió binari a BCD
day=day-(day/16)*6;
mth=mth-(mth/16)*6;
year=year-(year/16)*6;
hr=hr-(hr/16)*6;
min=min-(min/16)*6;
sec=sec-(sec/16)*6;
}

calcul_angle()
float lon; // longitud
float ang_opt, ang_opt_r;
float k, aux; //variables
```

```
float hora_dec;

float llegir_rellotge(BYTE h,BYTE min, BYTE sec, BYTE dia, BYTE mes, BYTE any){

//angle horari

hora_dec=h;

aux=min;

hora_dec=hora_dec+aux/60.0;

aux=sec;

hora_dec=hora_dec+aux/3600.0;

hora_dec=hora_dec-(14+lon/15);

//àngle optim de gir

ang_opt_r=hora_dec*(360/24);

k=45; //màxim angle

//Comprovació que l'angle calculat no superi el màxim angle

if((ang_opt_r<k)&&(ang_opt_r>(-k))){

ang_opt=ang_opt_r;

}else if(ang_opt_r>=k){

ang_opt=k; //Màxim gir a l'Est

}else if(ang_opt_r<=(-k)){

ang_opt=-k; //Màxim gir a l'Oest

}

return ang_opt;

}

calcul_inclinacio()

float a, b; //variables

float inclinacio;

float llegir_rellotge(BYTE h,BYTE min, BYTE sec, BYTE dia, BYTE mes, BYTE any){

if((mes>2) &&(mes<6))

{inclinacio=45

}else if((mes>=6) &&(mes<9)) {

inclinacio=30

}else if((mes>=9) &&(mes<2)) {
```

```
inclinacio=60
}
return inclinacio;
}

Llegir inclinometre_rot()
float voltatge, angle, auxi;
byte entrada;
float llegir_inclinometre_rot() {
set_tris_a(0xFF); //porta como entrada
setup_port_a(RA0_ANALOG); //Entrada analògica per RA0
setup_adc(adc_clock_internal);
set_adc_channel(0);
delay_us(10);
entrada=read_adc();
auxi=entrada;
voltage=auxi;
angle=voltage/0.0396;
return angle;
}

Llegir inclinometre_inc()
float voltatge, angle, auxi;
byte entrada;
float llegir_inclinometre_inc() {
set_tris_a(0xFF); //porta como entrada
setup_port_a(RA1_ANALOG); //Entrada analògica per RA1
setup_adc(adc_clock_internal);
set_adc_channel(0);
delay_us(10);
entrada=read_adc();
auxi=entrada;
voltage=auxi;
```

```
angle=voltaje/0.0396;
return angle;
}

enviar_dades(angle_teor,num_seguidor)
{
set_tris_a(0xFF); //PORTA com entrada
set_tris_b(0x02); //RB1 entrada, els altre pins sortida

puts(angle_teor,\n)
puts(inclinacio,\n)
putc(num_seguidor,\n)
puts(" ",\n)
}

llegir_dades()
int dia,mes,any,hora,minut,diasem;

{
set_tris_a(0xFF); //PORTA com entrada
set_tris_b(0x02); //RB1 entrada, els altre pins sortida

get(dia,\n)
get(mes,\n)
get(any,\n)

get(hora,\n)
get(minut,\n)
get(diasem,\n)

}
```


CODI VB

```
Imports System

Imports System.IO

Imports System.IO.StreamWriter

Public Class Form1

    Public i As Integer = 0 ' variable global per el timer

    Public t As Double = 0 ' variable global per el timer

    Public data As Date = DateValue(Of Date)()

    Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load

        Dim dades As String = _
My.Computer.FileSystem.SpecialDirectories.MyDocuments
'creem una carpeta dintre "mis documentos"
My.Computer.FileSystem.CreateDirectory(dades & "\info") 'la carpeta es diu
info

        Dim ruta As String = dades & "infosolar.txt"

        Dim fi As FileInfo = New FileInfo(ruta) 'fi" guardara la direcció de
l'arxiu a crear

        Dim sw As StreamWriter "sw" s'utilitza per anar escribin a l'arxiu

'crear l'arxiu

If File.Exists(ruta) = False Then 'mirem si esta creat si no creem l'arxiu
    sw = File.CreateText(ruta)
    sw.WriteLine() ' serveix per escriure
    sw.Flush()
    sw.Close()

End If
```

```
End Sub

Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer1.Tick

    Timer1.Interval = 100

    Timer1.Enabled = True

    Dim Datos As String = _
My.Computer.FileSystem.SpecialDirectories.MyDocuments

    Dim ruta As String = Datos & "infosolar.txt" ' l'arxiu info solar es guarde
dintre info

    Dim fi As FileInfo = New FileInfo(ruta)

    Dim sw As StreamWriter

    'escriure en el arxiu sense borrar el que ja hi ha

    If File.Exists(ruta) = True Then

        sw = fi.AppendText

        sw.WriteLine()

        sw.Flush()

        sw.Close()

    End If

    Sub SendSerialData(ByVal data As String)

        ' Envia la data per el port serie

        Using com1 As IO.Ports.SerialPort = _

            My.Computer.Ports.OpenSerialPort("COM1")

            com1.WriteLine(data)

        End Using

    End Sub

    Function Rebreinfo() As String
```

```
' Receive strings from a serial port.

Dim retornainfo As String = ""

Using com1 As IO.Ports.SerialPort = _
    My.Computer.Ports.OpenSerialPort("COM1")
    Do
        Dim info As String = com1.ReadLine()
        If info Is Nothing Then
            Exit Do
        Else
            retornainfo &= info & vbCrLf
        End If
    Loop
End Using

Return retornainfo

End Function

Private Sub CheckBox1_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CheckBox1.CheckedChanged

    Angle1_text1.show()

    Inclinacio1_text1.Show()

    Angle1_info1.show()

    Inclinacio1_info1.Show()

End Sub

Private Sub CheckBox3_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CheckBox3.CheckedChanged

    Angle3_text3.show()

    Inclinacio3_text3.Show()

    Angle3_info3.show()

    Inclinacio3_info3.Show()

End Sub
```

```
Private Sub CheckBox4_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CheckBox4.CheckedChanged

    Angle4_text4.show()

    Inclinacio4_text4.Show()

    Angle4_info4.show()

    Inclinacio4_info4.Show()

End Sub
```

```
Private Sub CheckBox5_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CheckBox5.CheckedChanged

    Angle5_text5.show()

    Inclinacio5_text5.Show()

    Angle5_info5.show()

    Inclinacio5_info5.Show()

End Sub
```

```
Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1.Click

    Form1.Show()

End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Timer1.Tick

    Timer1.Interval = 100

    Timer1.Enabled = True

    Dim Datos As String = _
    My.Computer.FileSystem.SpecialDirectories.MyDocuments

    Dim ruta As String = Datos & "infosolar.txt" ' l'arxiu info solar es garde
dintre info

    Dim fi As FileInfo = New FileInfo(ruta)

    Dim sw As StreamWriter

    'escriure en el arxiu sense borrar el que ja hi ha
```

```
If File.Exists(ruta) = True Then
    sw = fi.AppendText
    sw.WriteLine()
    sw.Flush()
    sw.Close()
End If

Sub SendSerialData(ByVal data As String)
    ' Envia la data per el port serie
    Using com1 As IO.Ports.SerialPort = _
        My.Computer.Ports.OpenSerialPort("COM1")
        com1.WriteLine(data)
    End Using
End Sub

Function Rebreinfo() As String
    ' Receive strings from a serial port.
    Dim retornainfo As String = ""

    Using com1 As IO.Ports.SerialPort = _
        My.Computer.Ports.OpenSerialPort("COM1")
        Do
            Dim info As String = com1.ReadLine()
            If info Is Nothing Then
                Exit Do
            Else
                retornainfo &= info & vbCrLf
            End If
        Loop
    End Using

    Return retornainfo
End Function
```