

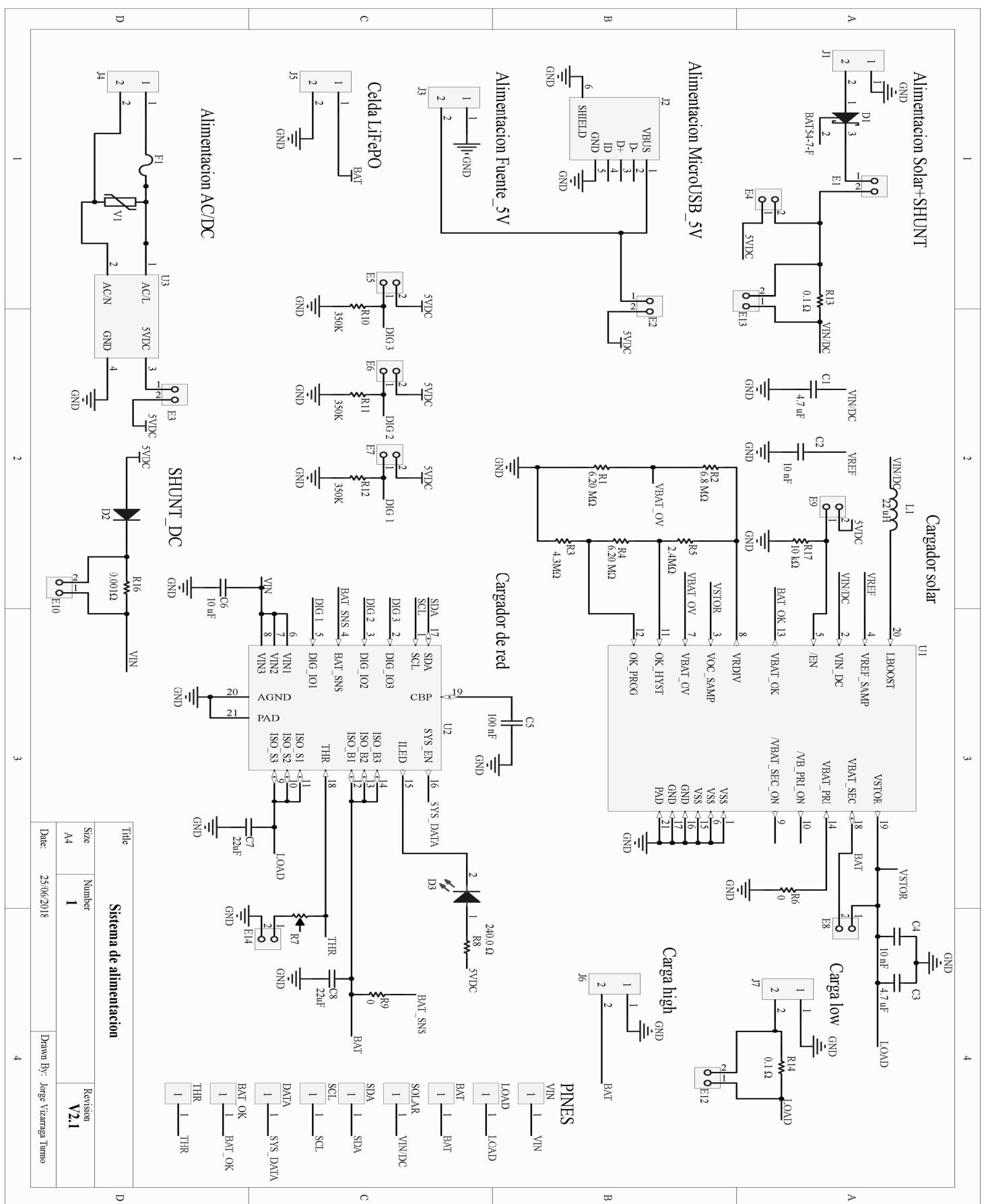


ANEXOS

1. Esquemático sistema de alimentación.....	3
2. PCB Sistema de alimentación.....	4
Ruteado cara TOP.....	4
Ruteado cara BOTTOM.....	4
3. Bill of materials sistema de alimentación	5
4. Esquemático sensor inalámbrico	6
5. PCB sensor inalámbrico.....	7
Ruteado cara TOP.....	7
Ruteado cara BOTTOM.....	7
6. Bill of materials sensor inalambrico	8
7. Modos de operación harvesting bq25505	9
7.1. Conexión entrada.....	9
7.2. Modos de carga.....	9
8. Modos de operación ADP5063.....	11
• Conexión entrada	11
• Modos de carga.....	11
• Situaciones típicas	12
9. Instrucciones de uso para placa alimentación	13
• Carga a través de convertidor AC/DC.....	13
• Carga a través de bus de continua/Micro USB.....	14
• Carga a través del panel solar	15
10. Kit EVAL ADP5063.....	16
11. Graficas de pruebas.....	19
➤ ADP5063.....	19
➤ BQ25505.....	25
1. Pruebas con el panel de exteriores AM-5608	25
2. Pruebas con el panel de exteriores AM-1815CA.....	31
3. Pruebas con el panel de interiores AM-1816CA	33
12. Instrucciones de configuración PCB sensor	36
13. Sensor inalámbrico.....	38
14. Mejoras	39
15. Normas Diseño PCB.....	40

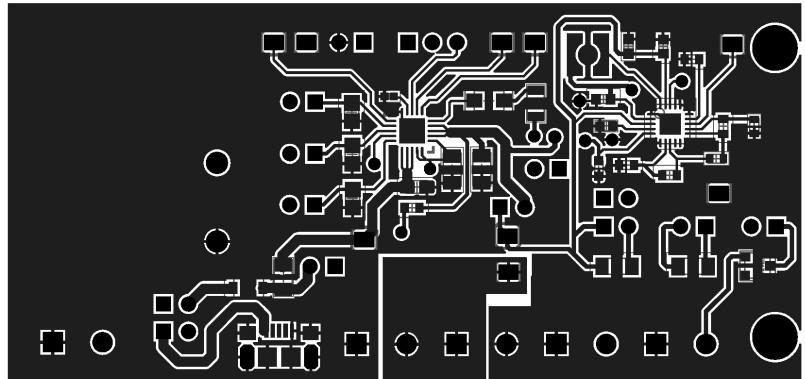
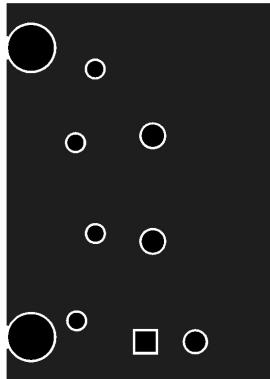
Figura 1.Configuración de pines AC/DC	13	
Figura 2.Configuración pines DC	14	
Figura 3.Configuración pines SOLAR	15	
Figura 4.Prueba salida sin Batería	16	
Figura 5.Batería cargando	16	
Figura 6.Conexión VIN con VBAT	17	
Figura 7.Prueba Kit	18	
Figura 8.VCC 5 V	19	
Figura 9.Salidas_VIN=0 V, VBAT=0 V	Figura 10.Salidas_VIN=0 V, VBAT=3,3 V	19
Figura 11.Conexión de VIN con VBAT=3,3 V	20	
Figura 12.Salidas VIN=5 V, VBAT=3,3 V	20	
Figura 13.Carga lin=100 mA	21	
Figura 14.Carga lin=500 mA	22	
Figura 15Carga lin=700 mA	22	
Figura 16.Carga de goteo	23	
Figura 17.Fin Carga	23	
Figura 18.Cargando con AC	24	
Figura 19.Cargando con Bus continua	24	
Figura 20.Cargando con microusb	24	
Figura 21.VSOLAR LUZHABITACION	25	
Figura 22.VSOLAR y VSTOR	25	
Figura 23.VSOLAR Y VSTOR CARGANDO BAT	26	
Figura 24.VBAT_OK y VBAT	27	
Figura 25.VSOLAR y VSTOR VENTANA	27	
Figura 26.VSOLAR y VSTOR VENTANA CARGANDO BAT	28	
Figura 27.VSOLAR y VLOAD al SOL	28	
Figura 28.VSOLAR y VLOAD CARGANDO BAT	29	
Figura 29.VSOLAR y VLOAD	29	
Figura 30.Illuminación ventana	30	
Figura 31.Corriente captada y corriente de carga batería 1	30	
Figura 32.Corriente captada y corriente carga batería 2	30	
Figura 33.Illuminación interior	30	
Figura 34.Illuminación exterior sol	30	
Figura 35.Corriente carga batería 3	30	
Figura 36.VSOLAR Y VSTOR	31	
Figura 37.VSOLAR Y VSTOR CARGANDO BAT	31	
Figura 38.VSOLAR y VSTOR VENTANA	32	
Figura 39.VSOLAR y VSTOR VENTANA CARGANDO BAT	32	
Figura 40.VSOLAR LUZ APAGADA	33	
Figura 41.VSOLAR y VSTOR	33	
Figura 42.VSOLAR Y VSTOR CARGANDO BAT	34	
Figura 43.VSOLAR y VSTOR VENTANA	34	
Figura 44.VSOLAR y VSTOR VENTANA CARGANDO BAT	35	
Figura 45.VSOLAR LUZ APAGADA	35	
Figura 46.Modulo202007 y sensor a VCC	36	
Figura 47.Modulo 212006 y sensor a VREG	37	

1. Esquemático sistema de alimentación

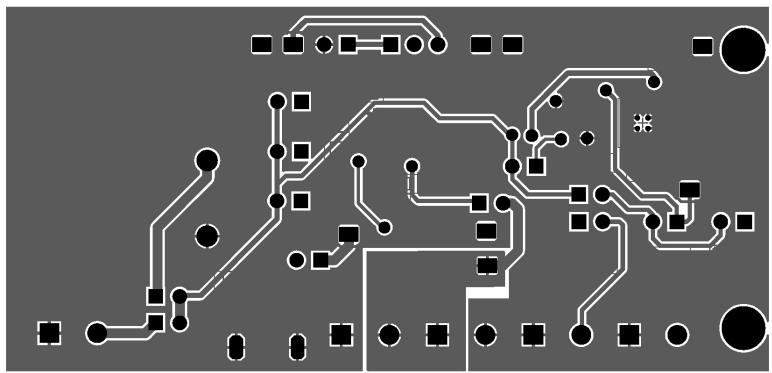
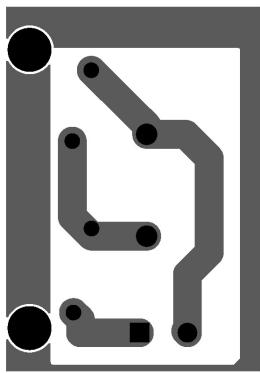


2. PCB Sistema de alimentación

Ruteado cara TOP



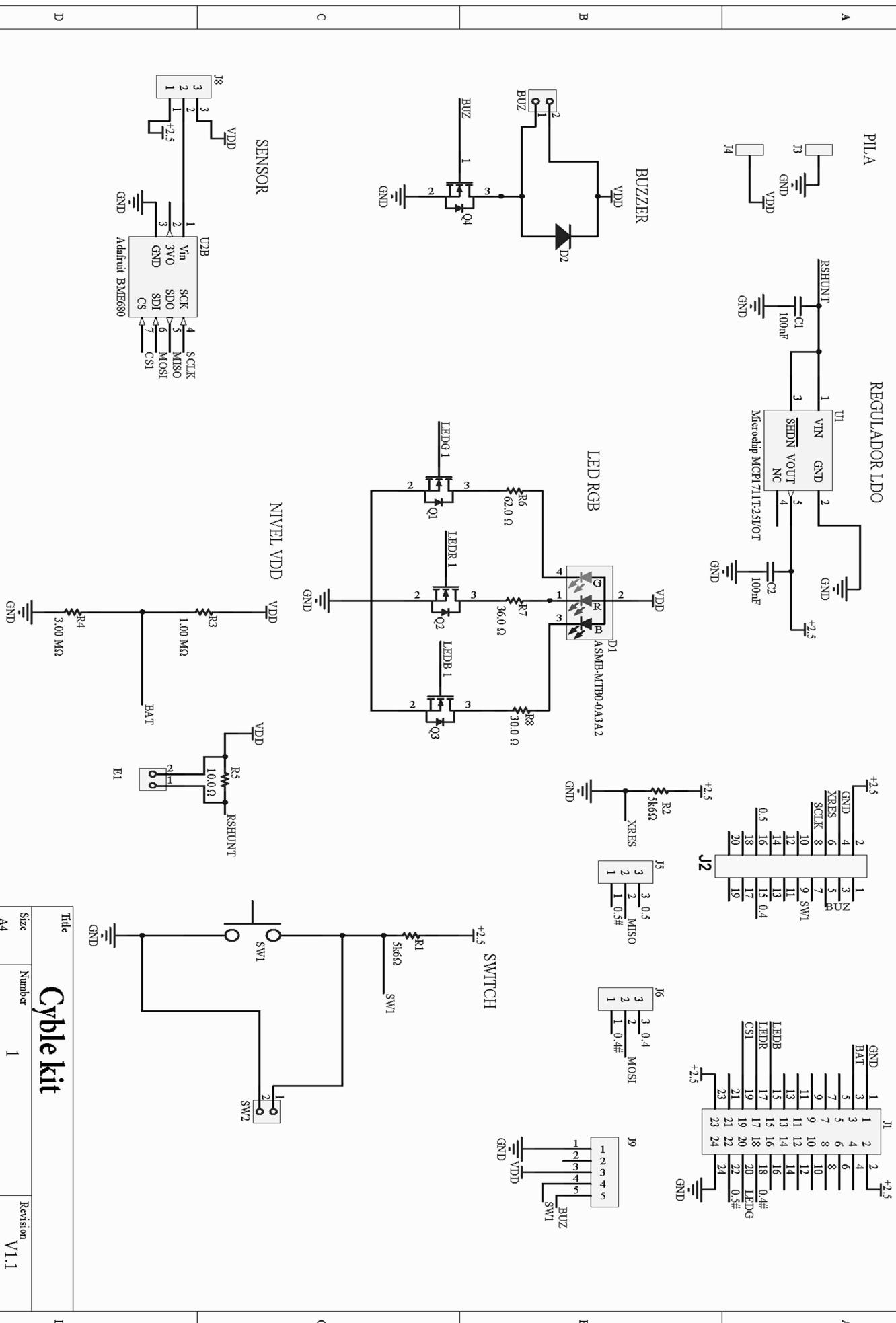
Ruteado cara BOTTOM



3. Bill of materials sistema de alimentación

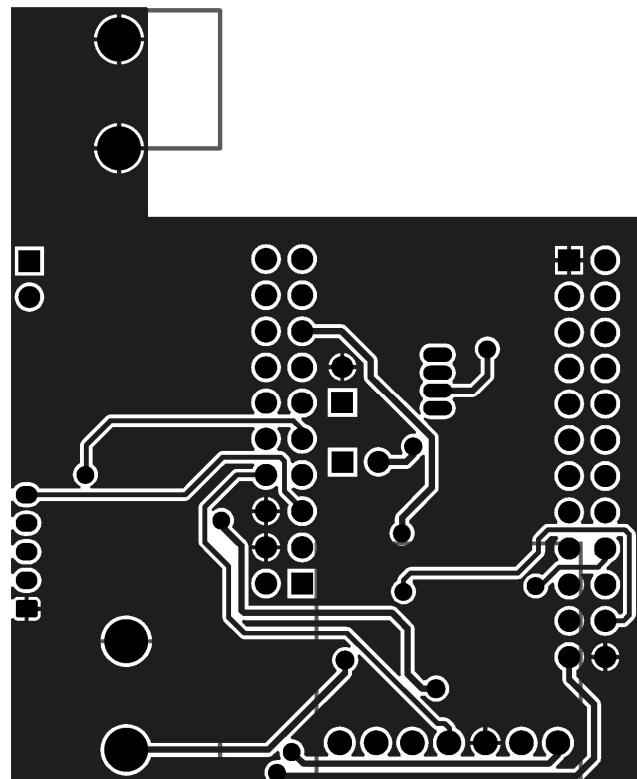
Designator	Quantity	Value	MANUFACTURER_REF	MOUSER_REF	PCB_STATE
R10, R11, R12	3	350 KO	ERJ-6ENF3483V	667-ERJ-6ENF3483V	Montado
R7	1	50 KO	PV36W503C01B00	81-PV36W503C01B00	Montado
R8	1	240 O	CRCW1206240RFKEA	71-CRCW1206-240-E3	Montado
C5	1	100 nF	C0402C104M4RAUTO	80-C0402C104M4RAUTO	Montado
L1	1	22 uH	744031220	710-744031220	Montado
C7, C8	2	22 uF	GRT31CR61C226KE1L	81-GRT31CR61C226KE1L	Montado
C6	1	10 uF	C0805X106J9RAUTO	80-C0805X106J9RAUTO	Montado
C2	1	10 nF	06031C103J4Z4A	581-06031C103J4Z4A	Montado
C4	1	10 nF	06031C103J4Z4A	581-06031C103J4Z4A	Montado
R17	1	10 kO	CRCW0603-10K	71-CRCW0603-10K	Montado
R1	1	6,8 MO	RC0603FR-076M8L	603-RC0603FR-076M8L	Montado
R2, R4	2	6,20 MO	RC0603FR-076M2L	603-RC0603FR-076M2L	Montado
C1, C3	2	4,7 uF	ZRB18AR6YA475KE5L	81-ZRB18AR6YA475KE5L	Montado
R3	1	4,3 MO	RC0603FR-074M3L	603-RC0603FR-074M3L	Montado
R5	1	2,4 MO	RC0603FR-072M4L	603-RC0603FR-072M4L	Montado
R13, R14	2	100 mO	ERJ-8RSJR10V	667-ERJ-8RSJR10V	Montado
R16	1	1 mO	WSL12061L000FEA18	71-WSL12061L000FEA18	Montado
R6, R9	2	0,0 O	SFR03EZPJ000	755-SFR03EZPJ000	Montado
BAT, BAT_OK, DATA, LOAD, SCL, SDA, SOLAR, THR, VIN	9		M20-9991046	855-M20-9991046	Montado
D1	1		BAT54-F	621-BAT54-F	Montado
D2	1		DB2W60400L	667-DB2W60400L	Montado
D3	1		SML-010LTT86	755-SML-010LTT86	Montado
E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E12, E13, E14	13		M20-9991046	855-M20-9991046	Montado
F1	1		LVR125S	650-LVR125S	Montado
J1,J5,J6,J7	1		39544-3008	538-39544-3008	Montado
J3, J4	2		1729128	651-1729128	Montado
J2	1		2013499-1	571-2013499-1	Montado
U1	1		BQ25505RGRR	595-BQ25505RGRR	Montado
U2	1		ADP5063ACPZ-1-R7	584-ADP5063ACPZ-1-R7	Montado
U3	1		IRM10-5	709-IRM10-5	Montado
V1	1		B72214S251K101	871-B72214S251K101	Montado

4. Esquemático sensor inalámbrico

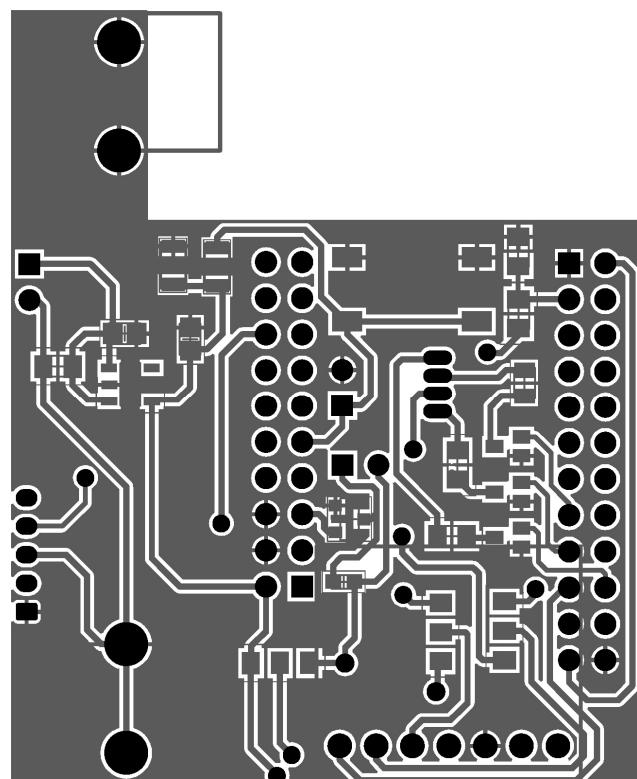


5. PCB sensor inalámbrico

Ruteado cara TOP



Ruteado cara BOTTOM



6. Bill of materials sensor inalambrico

Designator	Quantity	Value	MANUFACTURER_REF	MOUSER_REF	PCB_STATE
C1, C2	2	100 nF	0805YC104K	581-0805YC104K	Montado
R6	1	62,0 O	CRCW080562R0FKEA	71-CRCW080562R0FKEA	Montado
R7	1	36,0 O	CRCW080536R0JNEA	71-CRCW080536R0JNEA	Montado
R8	1	30,0 O	CRCW080530R0JNEA	71-CRCW080530R0JNEA	Montado
R5	1	10,0 O	AC0805FR-0710RL	603-AC0805FR-0710RL	Montado
R1, R2	2	5k6 O	CRCW1206J-5.6K-E3	71-CRCW1206J-5.6K-E3	Montado
R4	1	3,00 MO	RC0805JR-073ML	603-RC0805JR-073ML	Montado
R3	1	1,00 MO	RC0805JR-071ML	603-RC0805JR-071ML	Montado
BUZ, E1, SW2	3		M20-9991046	855-M20-9991046	No soldar
D1	1		WP154A43VBDZGWCA	604-WP154A43VBDZGWCA	Montado
D2	1		CD0603-S01575	652-CD0603-S01575	Montado
J1	1		67996-424HLF	649-67996-424HLF	Montado
J2	1		67996-420HLF	649-67996-420HLF	Montado
J3, J4	2		092	534-092	Montado
J5, J6, J8	3		RC0805FR-070RL	603-RC0805FR-070RL	No soldar
J9	1		M20-9991046	855-M20-9991046	No soldar
Q1, Q2, Q3	3		FK3503010L	667-FK3503010L	Montado
Q4	1		DMN67D8L-7	621-DMN67D8L-7	Montado
SW1	1		FSM2JSMA	506-FSM2JSMA	Montado
U1	1		MCP1711T-25I/OT	579-MCP1711T-25I/OT	Montado
U2	1		3660	485-3660	No soldar

7. Modos de operación harvesting bq25505

7.1. Conexión entrada

Los rangos que acepta la entrada son entre 0,1 y 5,5 V siendo los voltajes de operación típicos entre 0,3 V y 5,1 V.

Nosotros lo alimentaremos con un panel solar de interiores con voltajes entre 0 y 5 V.

7.2. Modos de carga

a) Ship Mode: VSTOR>VSTOR CHGEN, (EN)=HIGH

Pone el micro en modo bajo consumo desconectando el cargador *boost* y el transistor que conecta VBAT_SEC con VSTOR, de tal manera que pondremos el sistema en modo de almacenamiento consumiendo una corriente del orden de 5 nA de la batería.

b) Cold-Start Operation (VSTOR < VSTOR CHGEN, VIN DC > VIN(CS) and PIN > PIN(CS))

Cuando el circuito de *coldstart* esté activo, el voltaje de la entrada está fijado por el nivel de tensión en el condensador CIN. Durante el arranque en frío las funciones de carga están deshabilitadas a la espera de que el nivel de VSTOR suba de VSTOR_CHGEN para que se active el cargador.

Una vez que VSTOR supera el límite de VSTOR_CHGEN el microcontrolador realiza una serie de operaciones.

Inicializa la tensión VRDIV para fijar los voltajes de protección con sus respectivos divisores resistivos, luego espera 32 ms (valor típico de) para que entre la tensión VIN_DC proveniente de la fuente solar para fijar el muestreo por MPPT.

Para salir del arranque en frío y que entre la fuente de *harvester* tanto el condensador CSTOR como la batería conectada en VBAT_SEC deben superar la tensión de fin de *coldstart* fijada por VSTOR_CHGEN, ya que el diodo del mosfet entre los pines VSTOR y VBAT_SEC entrará en conducción hasta que el voltaje VSTOR alcance un valor superior. Cuando se cumpla la condición se conectará el circuito del *Boost* y el FET de la batería se cerrará conectando la salida y la batería provocando una conexión de carga en VSTOR pudiendo provocar que caiga el valor VBAT_UV.

Para asegurar el modo de *coldstart* frente a posibles tipos de carga podríamos poner un FET entre la carga del sistema y la salida VSTOR de forma que conectando el pin de VBAT_OK (o VB_SEC_ON) (el cual se activaría una vez pasado el *coldstart*) a la puerta del FET consiguiéramos tener un aislamiento de carga durante el *coldstart* para poder realizarlo de manera segura con la fuente o el condensador CIN.

c) Cargador Boost Activo: VSTOR>VSTOR CHGEN, VIN DC>VIN(DC), (EN)=LOW

Si se pierde la fuente de alimentación de entrada el nodo VSTOR debe ser descargado para evitar el conexiónado en caliente entre la batería y la salida de tal modo que el PFET entrara en off hasta que se conecte una fuente de entrada.

Si los dos voltajes VSTOR y VBAT_SEC están por debajo de 100mV cuando se conecta la batería (conexión en caliente) en VBAT_SEC primero se conectará el PFET entre VSTOR Y VBAT_SEC para cargar VSTOR hasta VSTOR_CHGEN luego se cierra para evitar que la batería se descargue, se reinicia el voltaje VRDIV para fijar los niveles de voltaje de retroalimentación y se deshabilita 32 ms para que la fuente de *harvesting* suba a la tensión de circuito abierto para usarlo de voltaje referencia y fijar el MPPT. Se realizará el primer muestreo y medidas de voltajes de protección y se analizará durante 64 ms la evolución del sistema.

Si pasado ese tiempo el voltaje de VSTOR está por encima de VBAT_UV el cargador entra en acción se conecta el PFET y entra corriente de carga a la batería, si no se hubiera

alcanzado el valor de VSTOR_CHG y el de VBAT_UV el PFET seguiría cerrado hasta que el *Boost* lo elevara para poder comenzar la carga.

Una vez que el cargador de refuerzo está activo emplea el modo de control de modulación de frecuencia de pulso PFM para regular la tensión en VIN_DC cerca de la tensión de referencia deseada que ha sido medida por el control de MPPT.

La regulación del voltaje de entrada se establece transfiriendo la carga de la entrada a VSTOR solo cuando la tensión de entrada es mayor que la VREF_SAMP. La corriente por otro lado se controla por un circuito de detección interno que captura el nivel a través del inductor. El nivel máximo de transferencia es de 100 mA de corriente de entrada promedio, aunque se dan picos de hasta 230 mA.

8. Modos de operación ADP5063

- **Conexión entrada**

Los rangos que acepta la entrada del micro son de -0,5 a 20 V siendo los voltajes de operación típicos entre 4 V y 6,7 V. Nosotros lo alimentaremos a 5 V provenientes de una fuente conmutada o un sistema externo de alimentación USB.

- **Modos de carga**

Lo primero es fijar con los pines DIG_01 y DIG_02 la corriente máxima con la que trabajara el micro con el DIG_01 en alto la fijaríamos a 500 mA, pero además si queremos subirla más podemos con el DIG_02 en alto subirla a 1500 mA si estuviera este en bajo se quedaría a la que fija el primero. Con esta corriente de entrada podremos cargar y alimentar con ese valor máximo de corriente.

- a) **Carga por goteo**

Si la batería ha sido descargada por completo y su voltaje de celda es muy bajo una carga rápida con corriente alta podría tener consecuencias muy malas para la batería, con este modo elevamos la tensión hasta un voltaje de carga segura (VTRK_DEAD) a una corriente muy baja 20 mA(ITRK_DEAD).

Durante este proceso la salida del sistema está regulada por el LDO ISO_SX=4,3 V y la batería aislada de la fuente de alimentación.

- b) **Carga débil**

La tensión de la celda se encuentra por encima de la tensión de VTRK_DEAD, pero no tiene la suficiente VWEAK para activar la carga rápida.

Se cargará la batería a la corriente ICHG_WEAK que es la suma de la corriente ITRK_DEAD y la corriente de carga ICHG que oscila entre 400 mA y 1300 mA según se configure, tanto el LDO como el IsolationFET entra en el estado de carga regulando la salida a ISO_SX =3,4 V.

- c) **Carga rápida**

La corriente de carga constante es ICHG fijada con anterioridad y comprendida entre los valores límite de entrada.

Durante este modo de carga a la salida del sistema le quedara el nivel de corriente sobrante hasta alcanzar el nivel límite fijado por I_IN, a su vez la salida VISO_SX pasara a estar entre los valores VISO_SFC que van de 3,4 hasta 3,8 V.

La carga se monitoriza por el pin BAT_SNS desde el cual alcanzado el voltaje de carga VTRIM (3,6 V en nuestro caso) se dará por finalizada la carga. Para evitar caídas de voltaje producidas por resistencias internas de la batería combinada con la placa de circuito impreso y otras resistencias puestas en serie, el dispositivo continua con una carga a tensión constante disminuyendo gradualmente la corriente hasta dar por finalizada la carga al caer por debajo del valor I_end durante el tiempo t_end.

Para la recarga de la batería se realizará por medio del pin BAT_SNS si el voltaje de este cae por debajo de la diferencia de tensión VRCH (260 mV) con VTRIM se reactivará el proceso de carga.

La salida se puede usar para señalar si está cargando o no el sistema. Por otro lado, parpadea si hay error de *timer* o sobre temperatura.

- Situaciones típicas

- Ausencia de tensión de entrada:

El circuito de carga esta deshabilitado y el IsolationFET está activo de tal manera que la batería conecta con la salida y da el voltaje nominal de esta, así como la corriente que demande el sistema.

- Modo suspensión

El micro esta alimentado a tensión de entrada, pero deshabilitado la carga y la salida LDO conectando la batería a la salida.

- Modo LDO

Alimentado a tensión de entrada el LDOFET activo dando a la salida ISO_S un voltaje de 4,3 V y deshabilitando IsolationFET para aislar la batería de la salida.

- Carga de goteo

- Alimentado a 5 V con Vbat bajo el valor Vtrik_dead se aumenta su voltaje para poder cargar posteriormente y evitar que la batería pueda ser deteriorada.

- Carga débil

Alimentado a 5 V con Vbat entre los valores Vtrik_dead y Vweak, se habilita la carga con el pin DIG3 y se carga con valor VBAT hasta cumplir la condición, la salida tendrá un valor de 3,4 V.

- Carga rápida

Alimentado a 5 V y cargando con VBAT y ICHG dando a la salida ISO_S valores entre 3,4 y 3,6 V (tensión de carga).

- Batería desconectada

Con presencia de alimentación la salida 4,3 V del LDO sin entrada 0 V a la salida.

Observaciones si DIG_03- $\begin{cases} LOW = \text{charging mode disabled} \\ HIGH = \text{charging mode enable} \end{cases}$

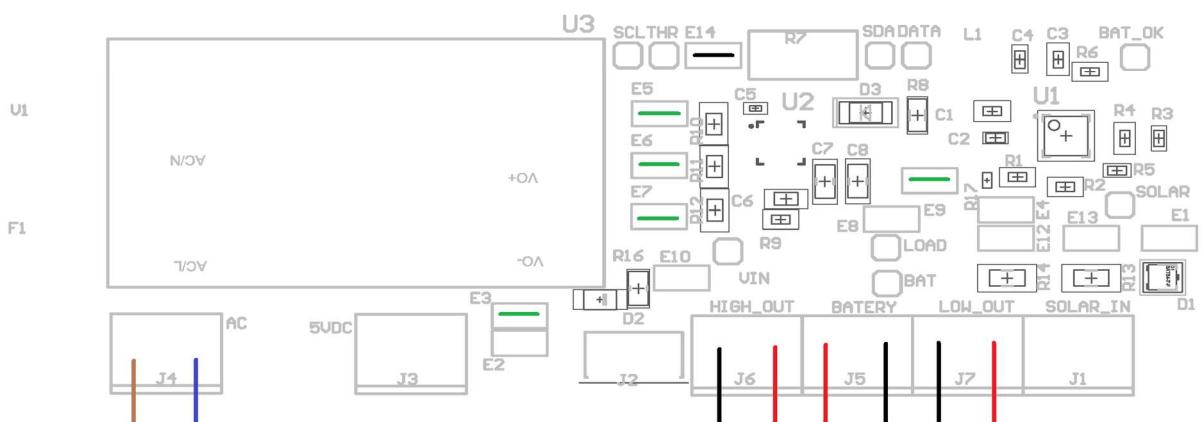
Observaciones del LDO si $\begin{cases} LOW = \text{enable} \\ HIGH = \text{disabled} \end{cases}$

Si LDO esta desactivado podemos encontrar dos casos para el ISOLATIONFET dependiendo de si está habilitada la carga o no siendo: $\begin{cases} EN \text{ low} = \text{FET ON} \\ EN \text{ high} = \text{FET OFF} \end{cases}$

9. Instrucciones de uso para placa alimentación

Se detalla la colocación de los jumpers, así como la conexión de las fuentes de alimentación, la batería y las salidas de los tres modos de uso de la placa, en el siguiente punto en las pruebas realizadas se habla más del uso que tiene cada una de las configuraciones.

- Carga a través de convertidor AC/DC



E7	Jumper cerrado- Pin 5 V, corriente limite 500 mA Jumper abierto- Pin 0 V, corriente limite 100 mA
E14	Jumper cerrado- emulo con POT=10 KΩ la resistencia térmica Jumper abierto- uso resistencia térmica de la batería
E8	Jumper cerrado- Conexión Batería con salida micro BQ(no habilitar nunca)
E9	Jumper cerrado- ENABLE SOLAR=5 V Jumper abierto- ENABLE SOLAR=0 V
E4	Jumper cerrado- Conexión de 5 V al cargador solar (No conectar)
E12	Jumper abierto- extremos de Rshunt R14(+ -) para medida de corriente Jumper cerrado- cortocircuito R14
E13	Jumper abierto- extremos de Rshunt R13(+ -) para medida de corriente Jumper cerrado- cortocircuito R13
E1	Jumper cerrado- conecta la salida panel con el micro a través del diodo D1 Jumper abierto- no deja entrar la tensión del bus de continua aguas abajo
D3	Diodo que se ilumina al conectarse la carga, o parpadea por sobre temperatura
J6	Salida de alta
J5	Toma para la batería
J7	Salida de baja
J1	Entrada del panel solar

- Carga a través de bus de continua/Micro USB

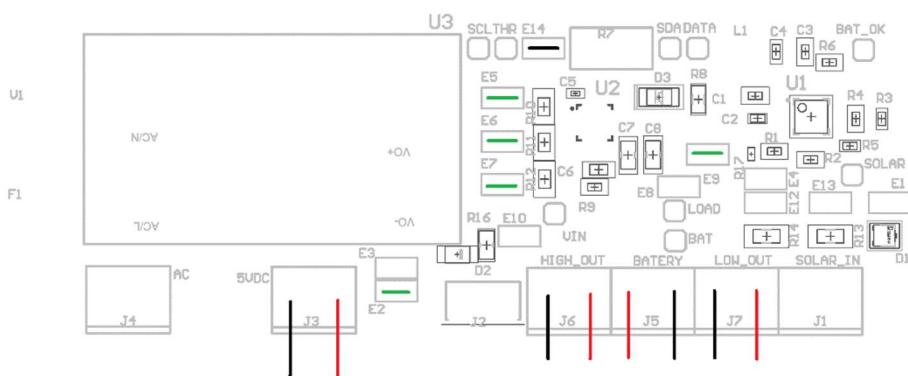


Figura 2. Configuración pines DC

- Carga a través del panel solar

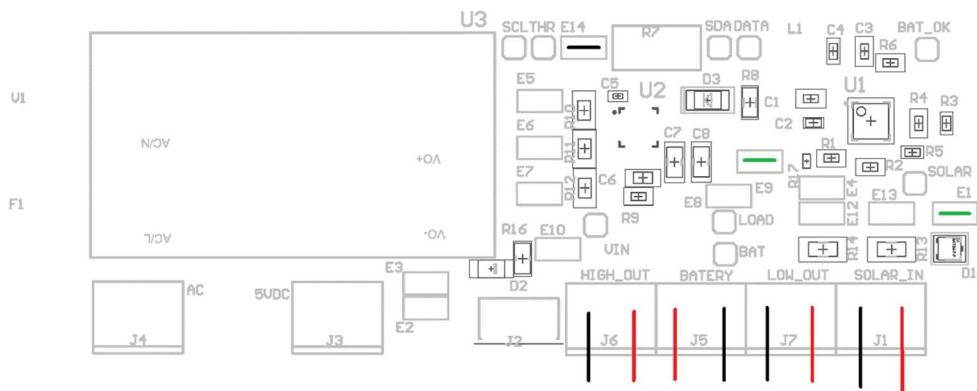


Figura 3. Configuración pines SOLAR

10. Kit EVAL ADP5063

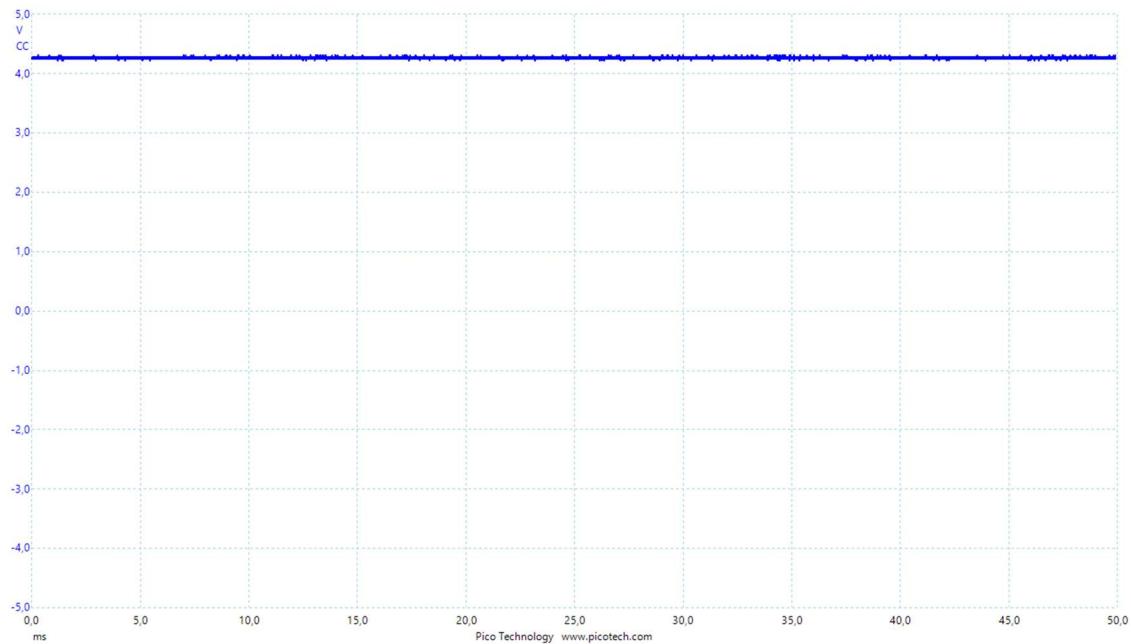


Figura 4. Prueba salida sin Batería

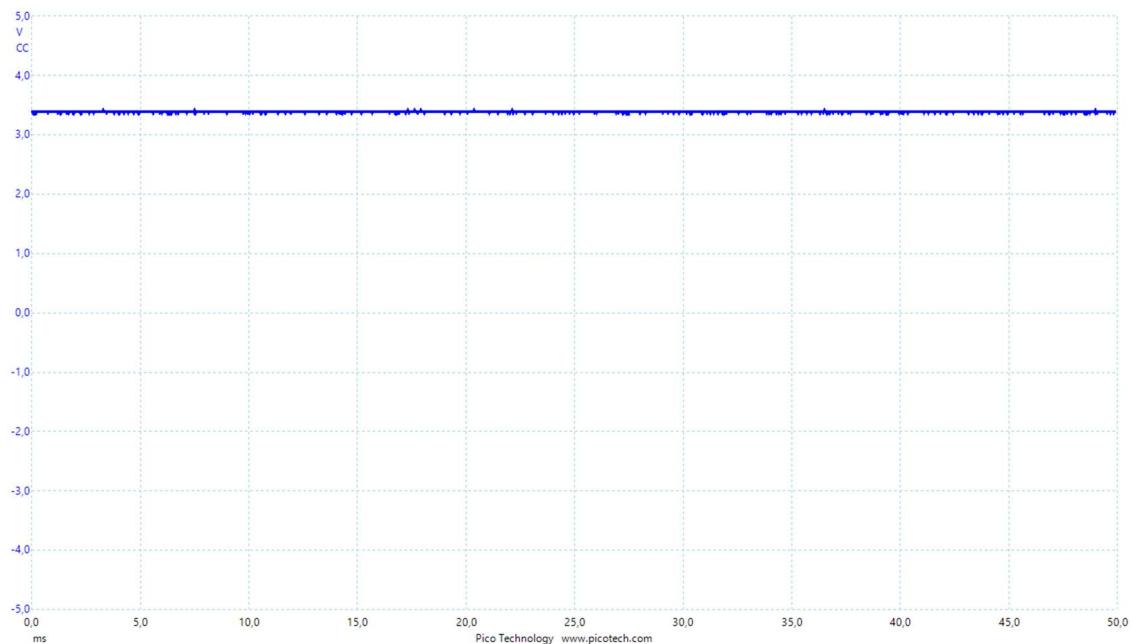


Figura 5. Batería cargando

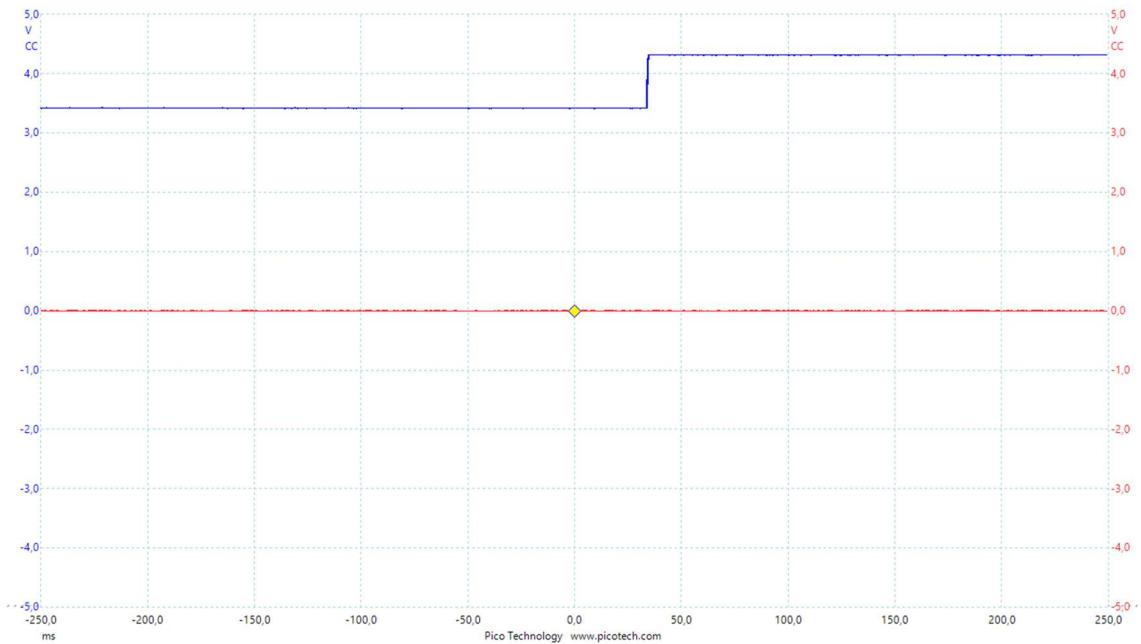


Figura 6. Conexión VIN con VBAT

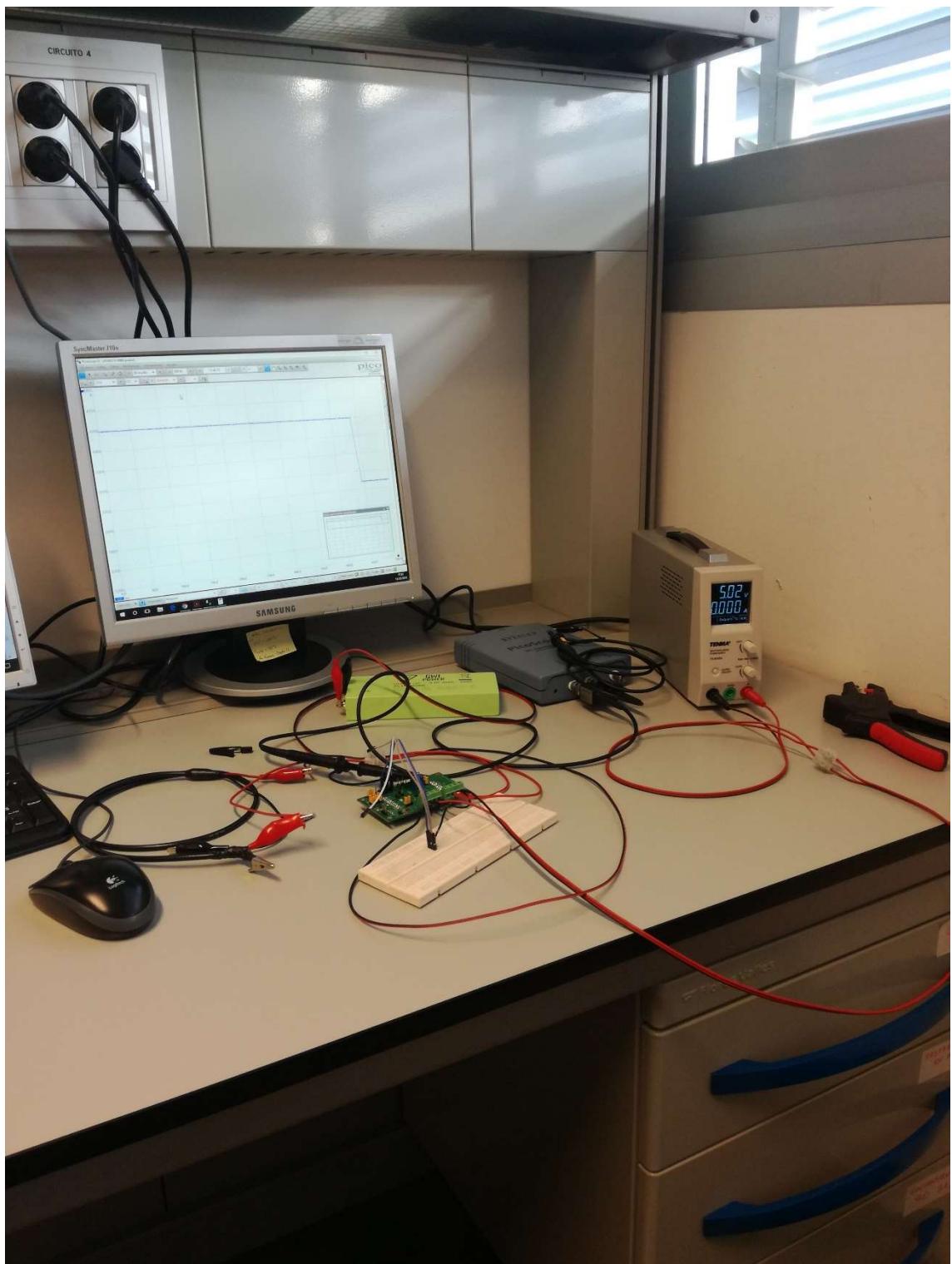


Figura 7. Prueba Kit

11. Graficas de pruebas

Los valores se han obtenido mediante medidas tomadas con el osciloscopio PICOSCOPE3206 y varios multímetros.

➤ ADP5063

Verificación 5 VDC

Analizamos que, con una fuente a 5 V, el micro USB o con el convertidor AC/DC obtenemos los 5 V en la entrada VIN del micro, disponemos de los jumpers E2 para microUSB o fuente de continua y E3 para la línea de alterna, para analizar esos niveles antes de meterlos al micro.

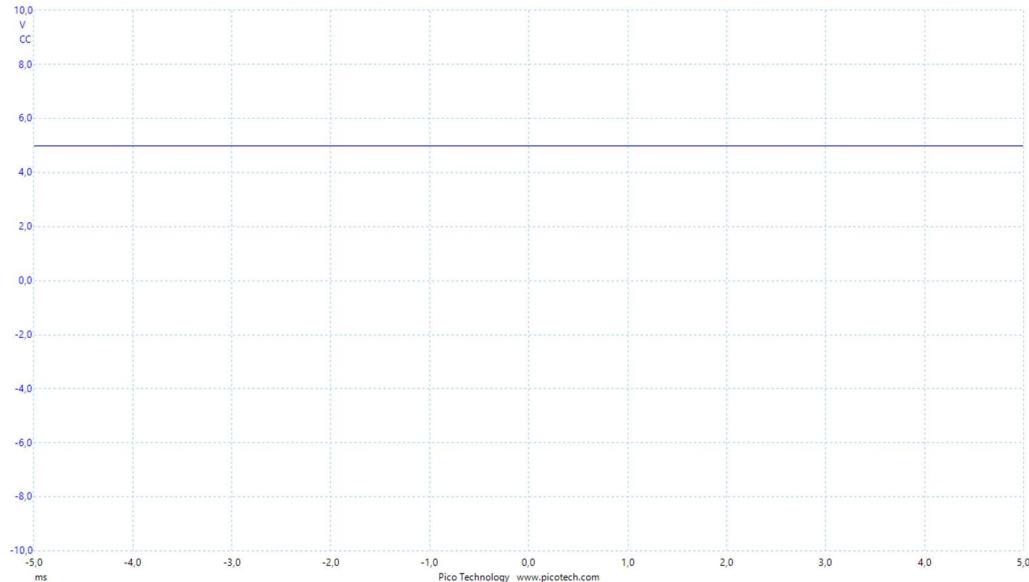


Figura 8.VCC 5 V

Verificación sin entrada niveles de salida

En ausencia de entrada de alimentación con $VIN=0$ V, vamos a comprobar que sin la batería conectada obtenemos 0 V en las salidas HIGH y LOW y si la conectamos obtenemos un nivel igual a V_{bat} .

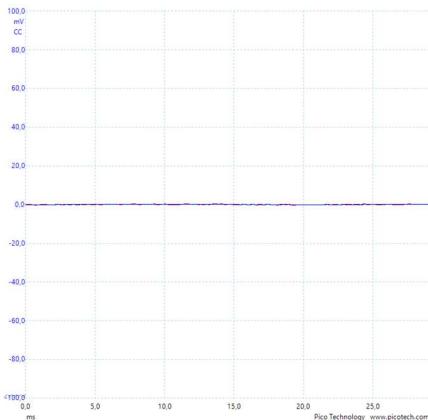


Figura 9.Salidas_VIN=0 V, VBAT=0 V

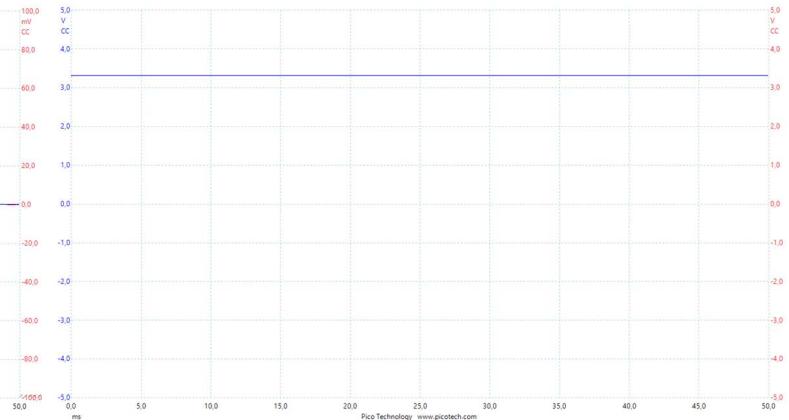


Figura 10.Salidas_VIN=0 V, VBAT=3,3 V

Como podemos ver en la figura 9 en ausencia de batería y alimentación el valor de tensión en las salidas en nulo, al contrario que, si hay batería, figura 10, en cuyo caso las salidas tendrán un nivel de tensión igual a la celda de la batería.

Verificación de salidas sin cargar

Ahora conectando uno de los jumpers de alimentación (E3, E2) de 5 VDC según queramos el convertidor o la fuente, vamos a comprobar que tensiones ahí en las salidas sin activar la carga de la batería (E5 desconectado).

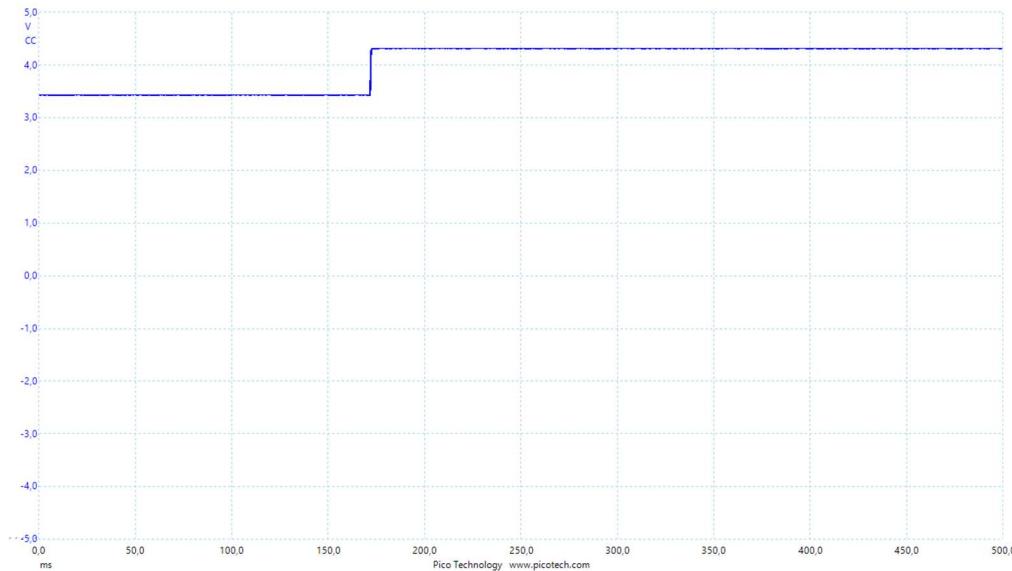


Figura 11. Conexión de VIN con VBAT=3,3 V

En la figura 11 podemos observar como al conectar la tensión de alimentación $VIN=5$ V la salida del micro ha cambiado del nivel de la batería a los 4,2 V del regulador LDO interno del micro instantáneamente sin dejar de dar tensión a la salida en ningún momento.

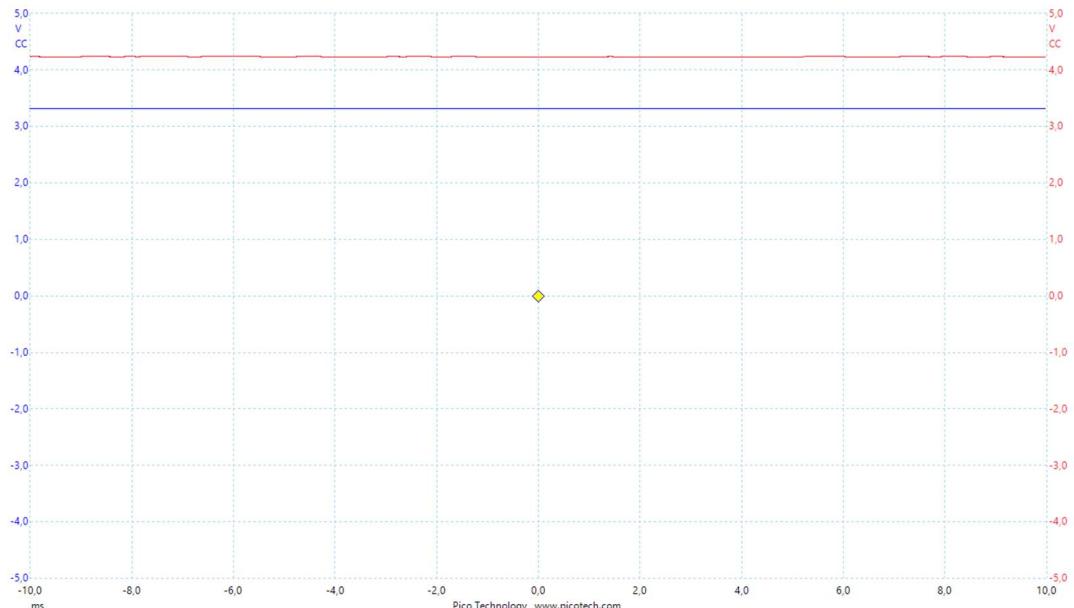


Figura 12. Salidas VIN=5 V, VBAT=3,3 V

En la salida LOW (Señal roja Figura 12) obtenemos la tensión del LDO de 4,2 V que está activo mientras la carga esa deshabilitada.

En la salida HIGH (Señal azul Figura 12) tenemos el valor de la batería.

Verificación de las salidas y de la carga

Habilitaremos el jumper E5 para activar la carga de la batería y dejaremos los E6 y E7 desactivados, limitando así la corriente de entrada en 100 mA (valor fijado por defecto) se puede observar como el diodo D3 está permanentemente iluminado mientras esta el proceso de carga activado con una $IF=20$ mA que cojera de la fuente de alimentación.

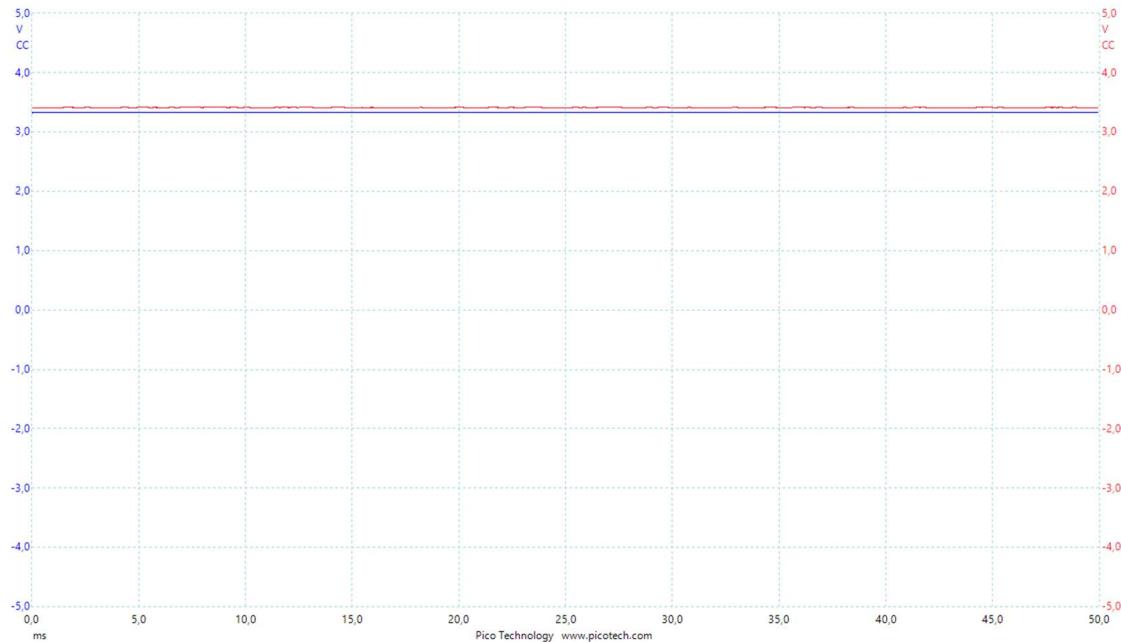


Figura 13.Carga lin=100 mA

El valor de la batería (señal azul) es de 3,3 V y el de la salida LOW está a 3,4 V, el valor típico al comienzo de la carga, este valor ira subiendo en función que pase el tiempo de carga hasta 3,8 V cuando empiece a cargar con corrientes superiores y después cuando entre en carga de goteo ira aproximándose al valor nominal de carga 3,6 V.

La corriente de carga de la batería se ha medido con un multímetro obteniéndose una carga de $ICHRG=93$ mA, disipándose en la salida una potencia de $PBAT= 0,30$ W.

Ahora se ha activado el jumper E7 para subir la corriente de entrada a 500 mA.

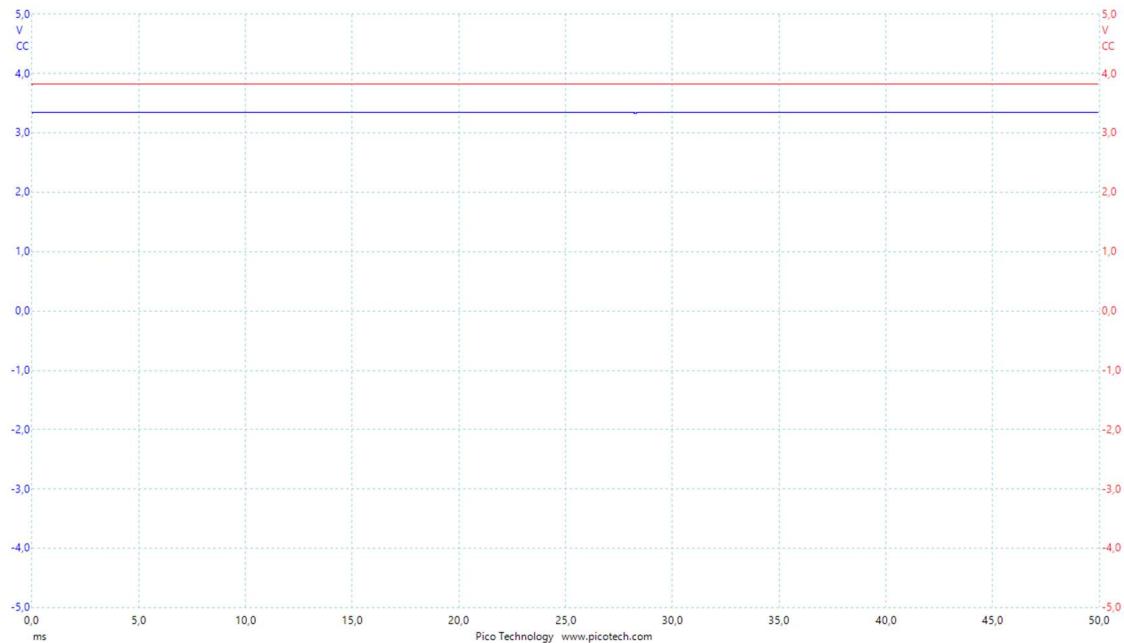


Figura 14.Carga $I_{in}=500\text{ mA}$

La carga ahora es más agresiva con niveles de corriente de $ICHRG=483\text{ mA}$ y una tensión en la salida LOW de $3,8\text{ V}$ que se irá reduciendo hasta $3,6\text{ V}$ y la tensión de batería ha ido aumentando ya por $3,45\text{ V}$. En este caso la potencia disipada a la salida ya es $PBAT=1,67\text{ W}$

Ahora se activa también el jumper E6 para poder emplear hasta 1300 mA en los procesos de carga y de salida.

Se han medido niveles de $ICHGR=700\text{mA}$ disipando $PBAT=2,52\text{ W}$, y se ha colocado una carga resistiva en la salida LOW de 100Ω , $\frac{1}{4}\text{ W}$ consumiendo 38 mA y disipando $0,15\text{ W}$.

La corriente a la entrada del micro medida con la tensión de la resistencia de Shunt es de 741 mA .

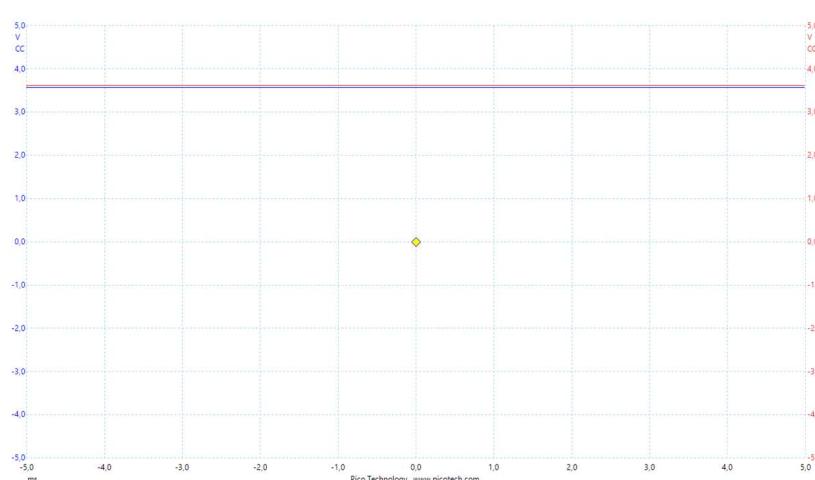


Figura 15Carga $I_{in}=700\text{ mA}$

Se observa como la tensión de la batería sigue subiendo y empieza a bajar la de la salida LOW, hasta tener casi el mismo valor en las dos $3,6\text{ V}$.

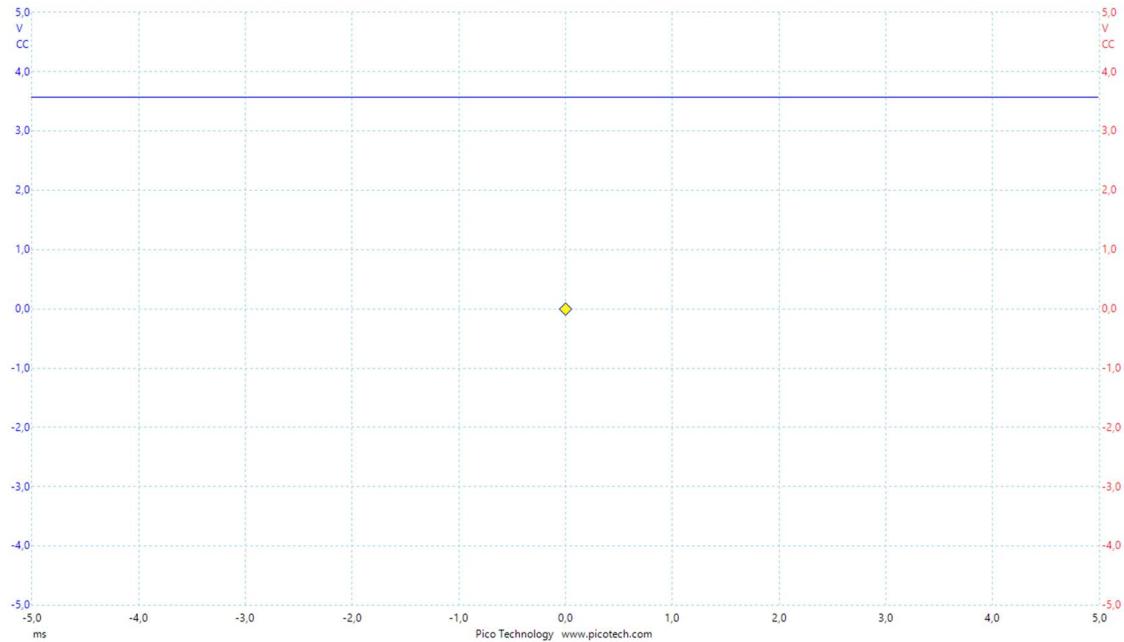


Figura 16.Carga de goteo

La carga de la batería ha llegado casi a su fin se ha alcanzado el valor nominal de carga 3,6 V por la batería, ahora para asegurarse la carga completa se inicia una carga de goteo cuando la corriente de carga es de 52 mA que irá disminuyendo durante el $t_{end}=7,5$ min hasta que se dé por finalizada la carga, se apague el diodo D3 y la salida LOW vuelva al valor de 4,2 V del LDO, como en la figura 17.

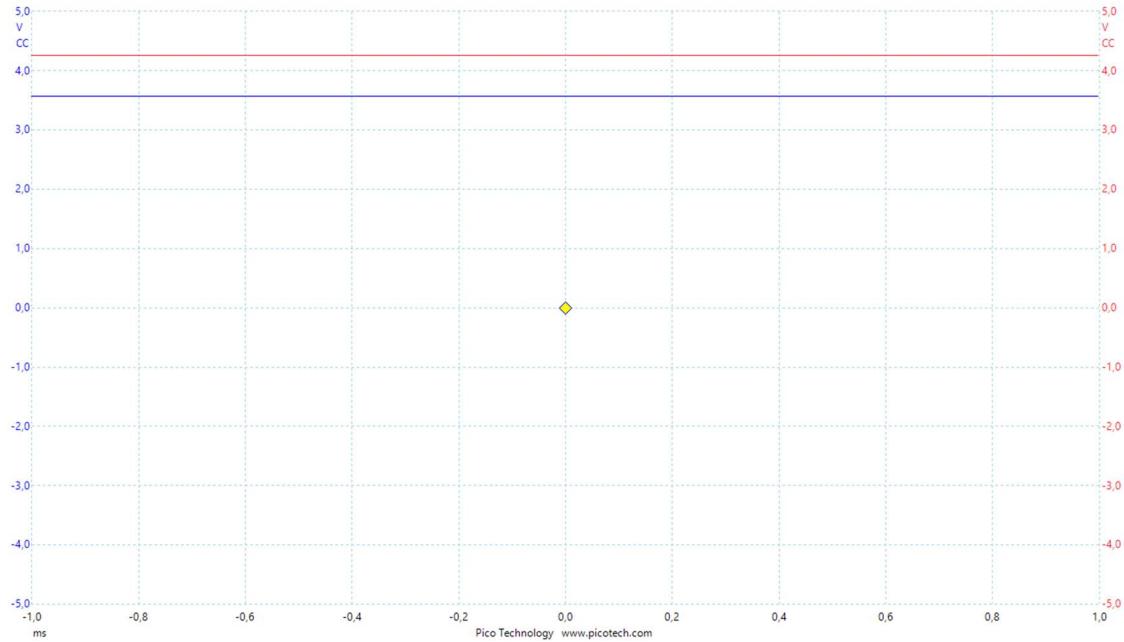


Figura 17.Fin Carga

A continuación, se muestran unas fotos de los montajes funcionando comentados anteriormente:

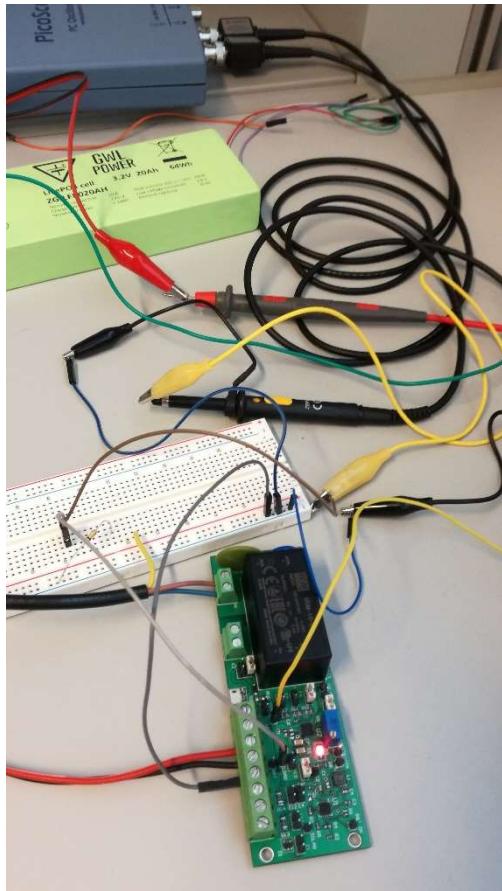


Figura 18.Cargando con AC

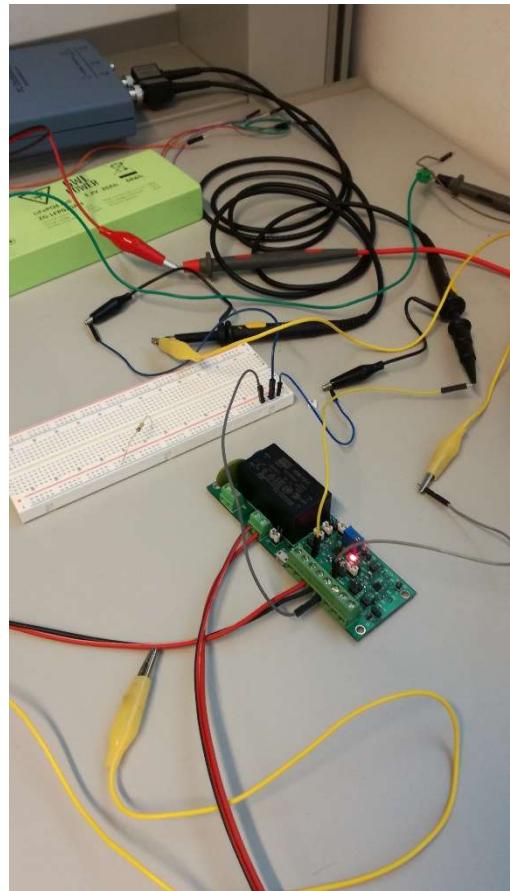


Figura 19.Cargando con Bus continua

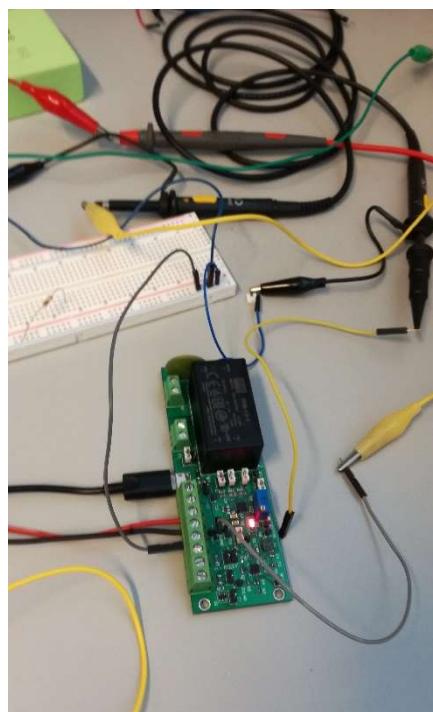


Figura 20.Cargando con microusb

➤ BQ25505

1. Pruebas con el panel de exteriores AM-5608

Para comparar el resultado de los distintos paneles se han realizado pruebas con un panel de exteriores el cual trabajo mucho mejor con niveles de luz altos como la radiación solar directa, pero que da peores resultados para luz de interior como la de los fluorescentes o la que queda dentro del cuarto por distintos focos emisores.

Luz de la habitación (fluorescente de luz cálida)

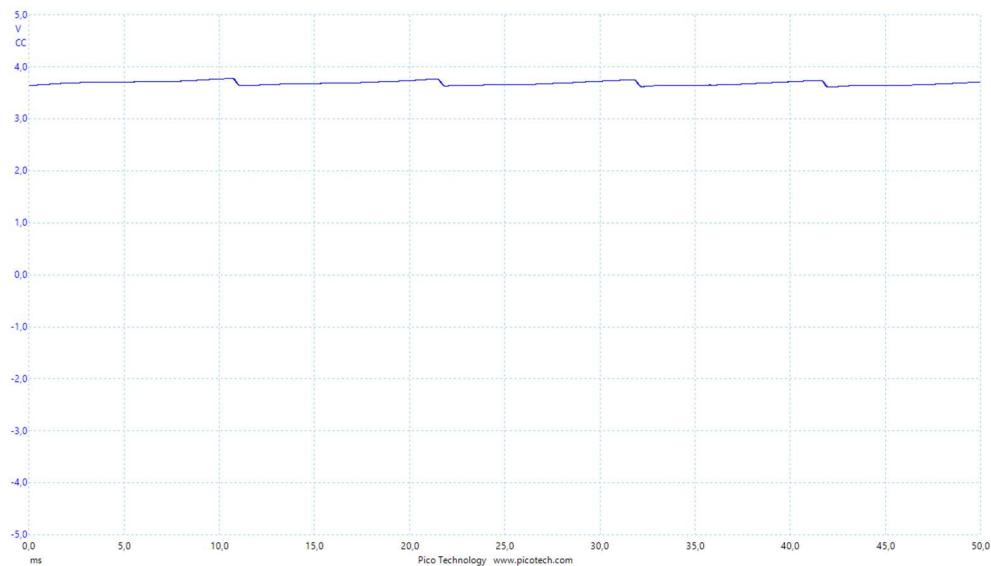


Figura 21.VSOLAR LUZHABITACION

En la figura 21 podemos ver la tensión generada por el panel solar con la iluminación del interior del cuarto VSOLAR= 3,67 V. A continuación, vamos a proceder a verificar la potencia que obtenemos al colocar cargas en la salida y cargar la batería.

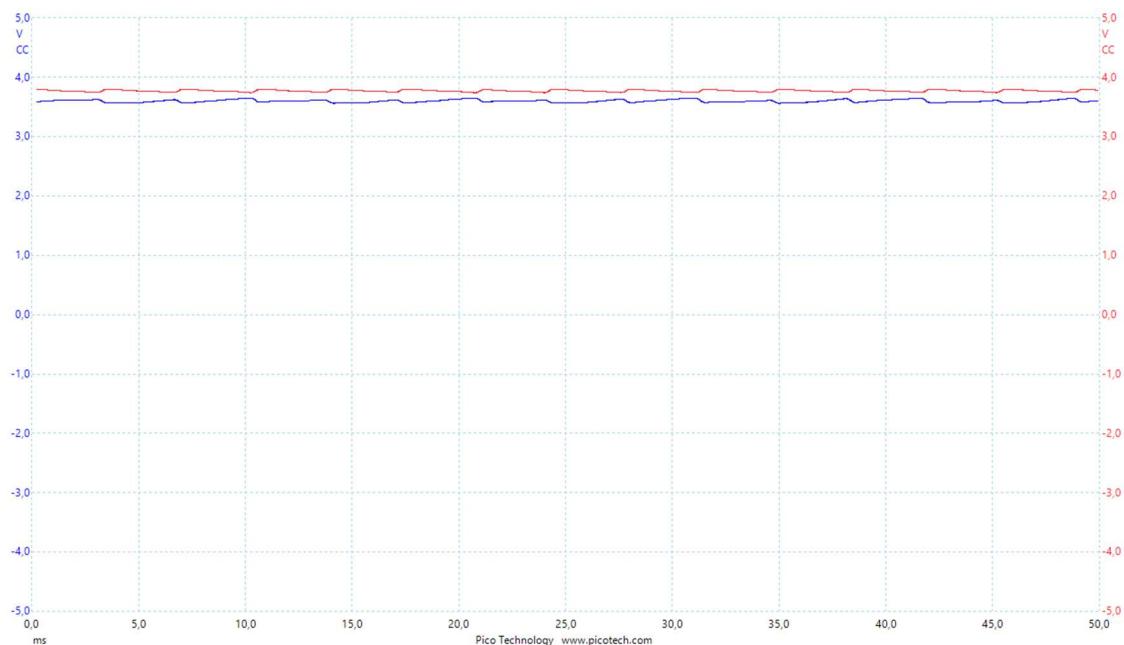


Figura 22.VSOLAR y VSTOR

En la figura 22 podemos ver como la salida de VSTOR corresponde al voltaje VBATOV de 3,8 V ya que el micro corta el circuito elevador al llegar a esa tensión en la salida, se ha colocado en ella una carga de 100 KΩ disipando esta una potencia de salida de $P_{VSTOR}=129 \mu W$.

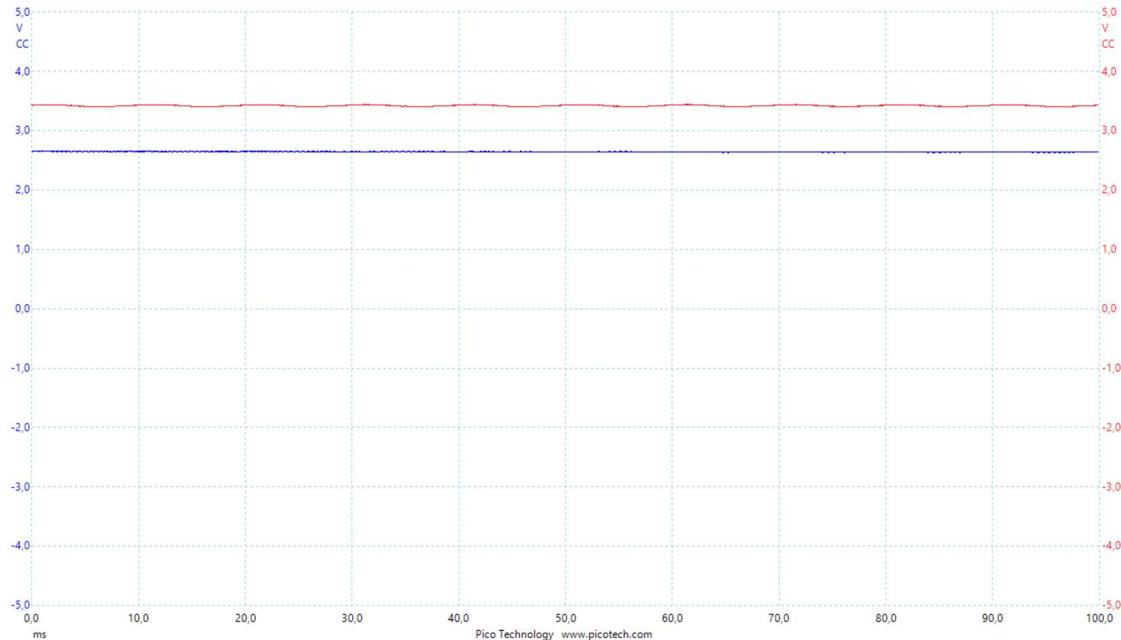


Figura 23. VSOLAR Y VSTOR CARGANDO BAT

En la figura 23 podemos observar como la salida VSTOR vale el voltaje actual de la batería que es 3,3 V y la entrada ha bajado hasta 2,6V, se está cargando a la batería con una corriente de $I_{BAT}=163 \mu A$, la potencia generada por el panel es de $P_{SOLAR}=575 \mu W$.

Ahora se ha conectado una carga de 100 KΩ en la salida VSTOR disipando esta $P_{VSTOR}=129 \mu W$ dejando una corriente de carga para la batería de $I_{BAT}=115 \mu A$.

Durante todo el proceso en el que está conectada la batería podemos observar la señal VBATOK (señal azul de la figura 24) verificando que nos encontramos con unos niveles entre VBAT_OK y VBAT_OKHYST configurados mediante resistencias externas, cambiando estas resistencias podríamos cambiar los niveles máximos y de operación para poder poner otra tecnología de batería.

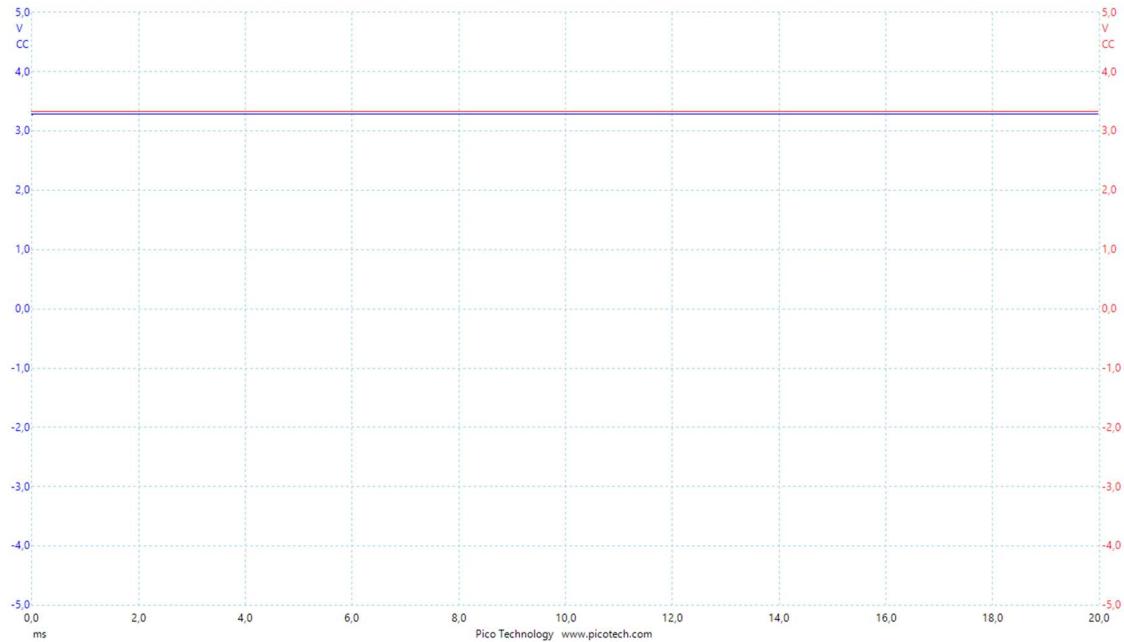


Figura 24.VBAT_OK y VBAT

Luz que entra por la ventana

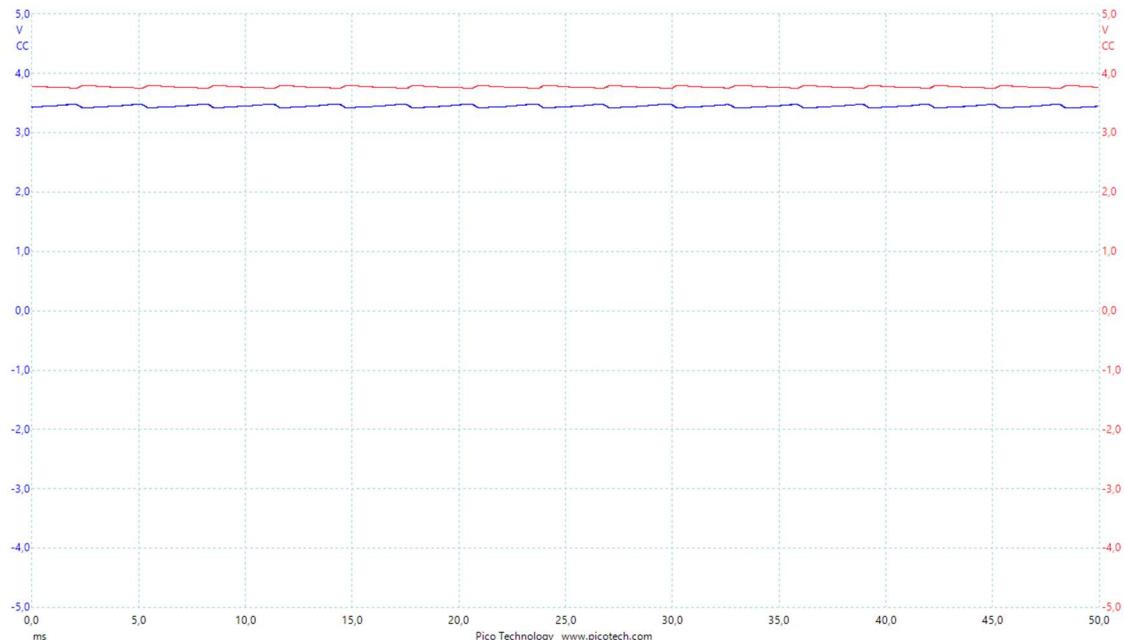


Figura 25.VSOLAR y VSTOR VENTANA

En la figura 25 podemos apreciar como el voltaje de entrada ha bajado debido al cambio de iluminación hasta 3,4 V mientras que la salida sigue saturada al valor de VBATOV, en este experimento se ha colocado una carga de 100 K Ω consumiendo una potencia $P_{VSTOR}=129 \mu\text{W}$.

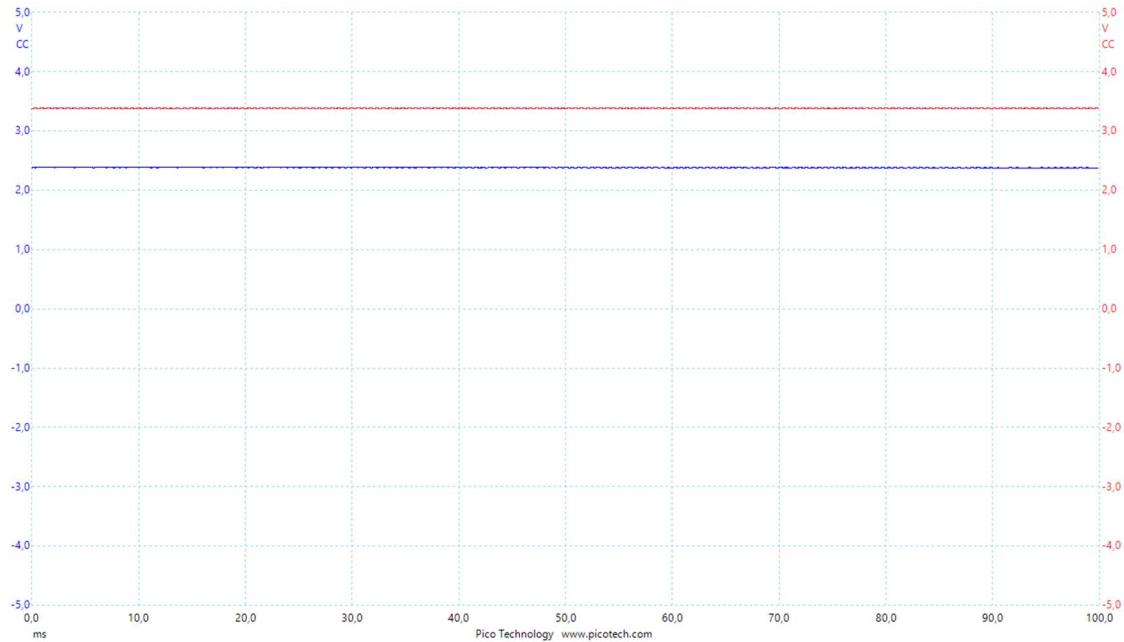


Figura 26. VSOLAR y VSTOR VENTANA CARGANDO BAT

En la figura 26 observamos de nuevo el caso de carga de batería y carga a la salida, cargando la batería con una corriente $I_{BAT}= 33 \mu A$, disipando la carga $P_{VSTOR}=129 \mu W$ y generando el panel solar una de $P_{SOLAR}=294 \mu W$.

Los niveles de potencia del panel solar han disminuido ya que la luz que entraba por la ventana no impactaba directamente sobre el panel que está diseñado para aplicaciones de exterior.

Luz solar directa

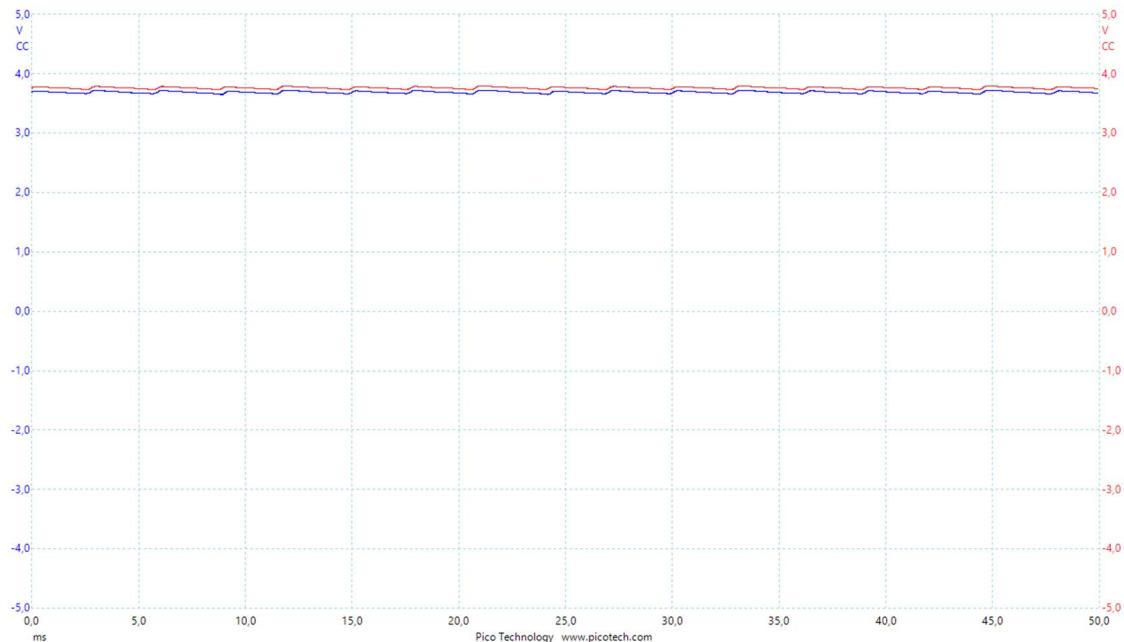


Figura 27. VSOLAR y VLOAD al SOL

En la figura 27 podemos apreciar la tensión captada por el panel solar y la salida del micro con unas condiciones de luz en exteriores con una $VSOLAR= 3,65 V$ y una $VLOAD=3,8 V$ saturando de nuevo al voltaje de $VBATOV$.

Ahora vamos a proceder a cargar la batería con la carga de $100\text{ k}\Omega$ en la salida V_{STOR}, en la figura 28 podemos observar como la entrada ha bajado a su punto óptimo calculado por el algoritmo del MPPT fijando está en 3,5 V extrayendo una potencia del medio de $P_{\text{SOLAR}}=44\text{ mW}$, muy superior a los valores que estábamos captando en interiores.

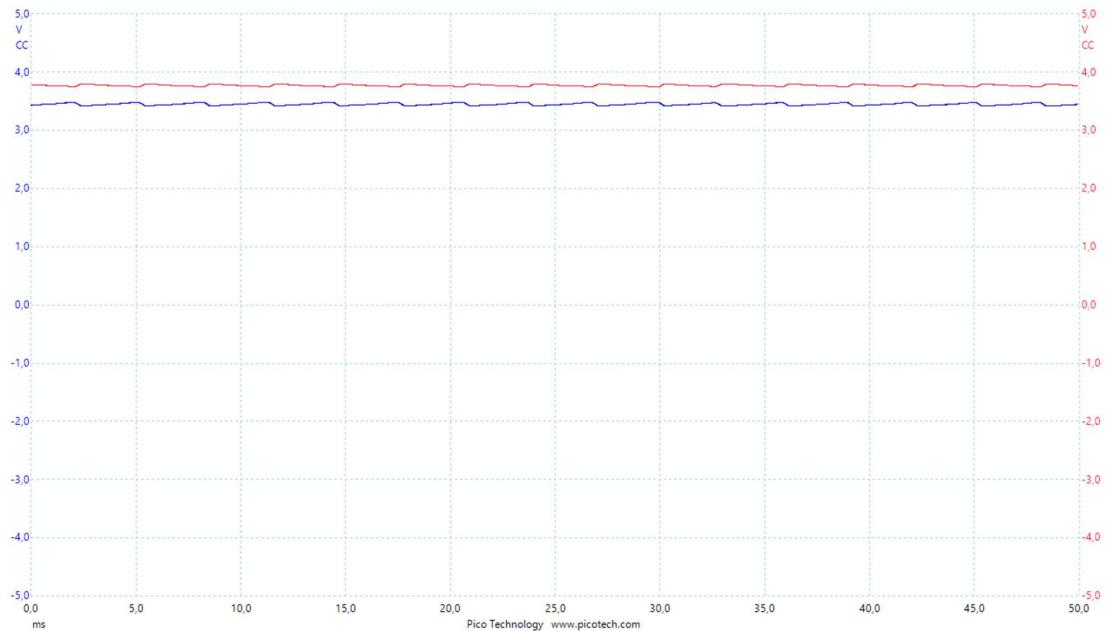


Figura 28. VSOLAR y VLOAD CARGANDO BAT

La corriente de carga de la batería es de 11.1 mA y la potencia consumida por la carga en la salida $P_{\text{VSTOR}}=144\text{ }\mu\text{W}$.

Sin luces interiores y con las lamas puesta

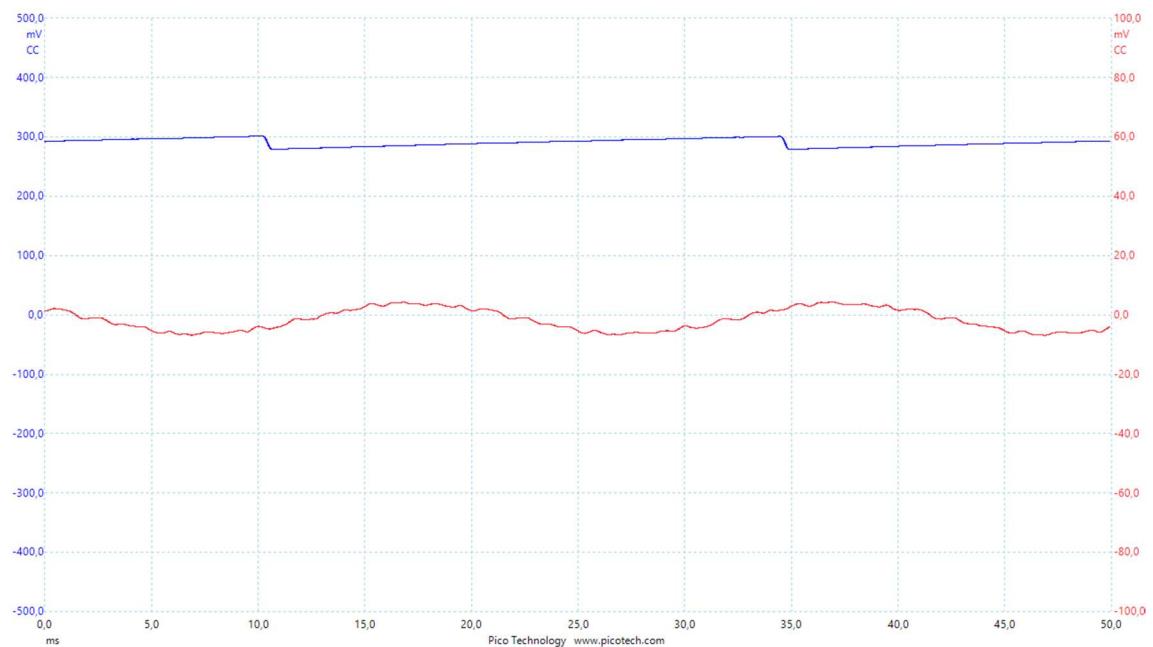


Figura 29. VSOLAR y VLOAD

Como podemos ver en la figura 29 no conseguimos un valor a la entrada capaz de vencer el valor de cold-start= 380 mV y el sistema no arranca teniendo en la salida 0 V por tanto no podríamos cargar la batería con este panel en situaciones de escasa luminosidad.

A continuación, se muestran unas imágenes del entorno estudiado:



Figura 30.Illuminación ventana



Figura 31.Corriente captada y corriente de carga batería 1



Figura 33.Illuminación interior

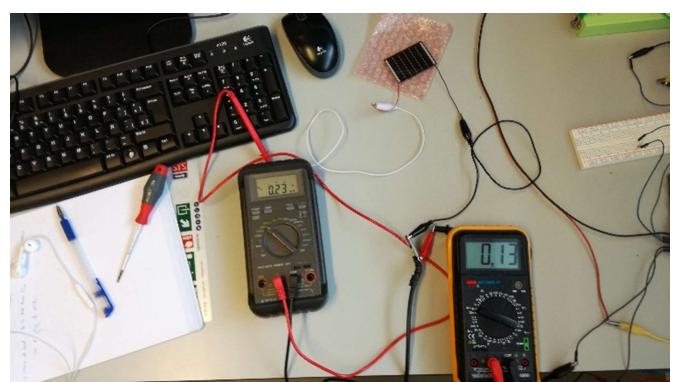


Figura 32.Corriente captada y corriente carga batería 2



Figura 34.Illuminación exterior sol



Figura 35.Corriente carga batería 3

2. Pruebas con el panel de exteriores AM-1815CA

Luz de la habitación (fluorescente de luz cálida)

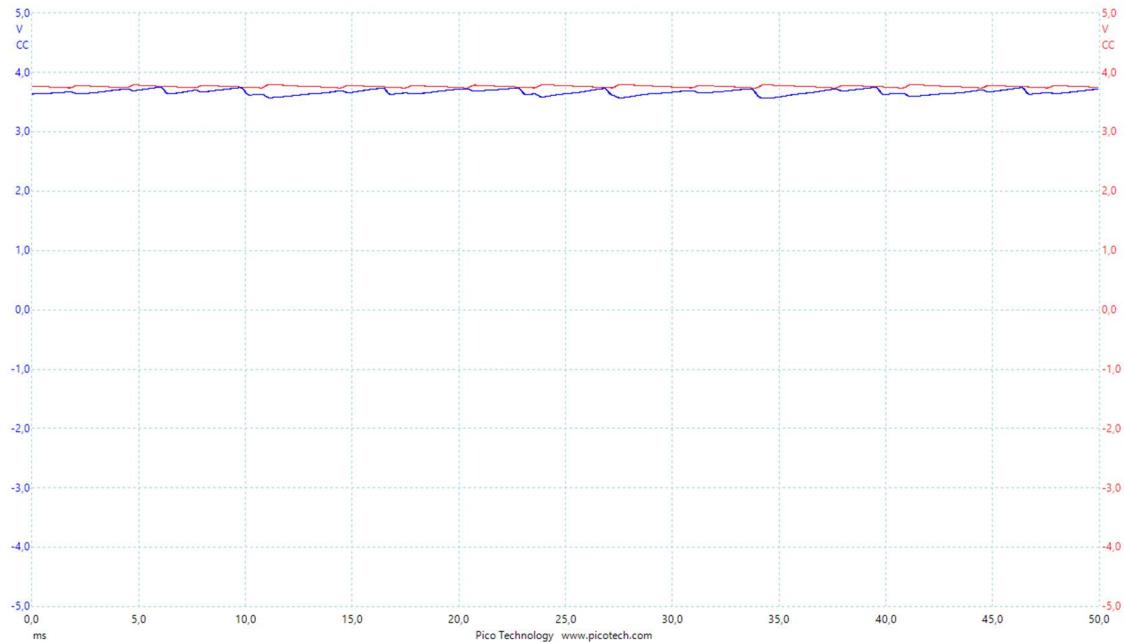


Figura 36. VSOLAR Y VSTOR

En la figura 36 podemos ver como la salida de VSTOR corresponde al voltaje VBATOV de 3,8 V ya que el micro corta el circuito elevador al llegar a esa tensión en la salida, se ha colocado en ella una carga de 100 KΩ disipando esta una potencia de salida de $P_{VSTOR}=129 \mu\text{W}$.

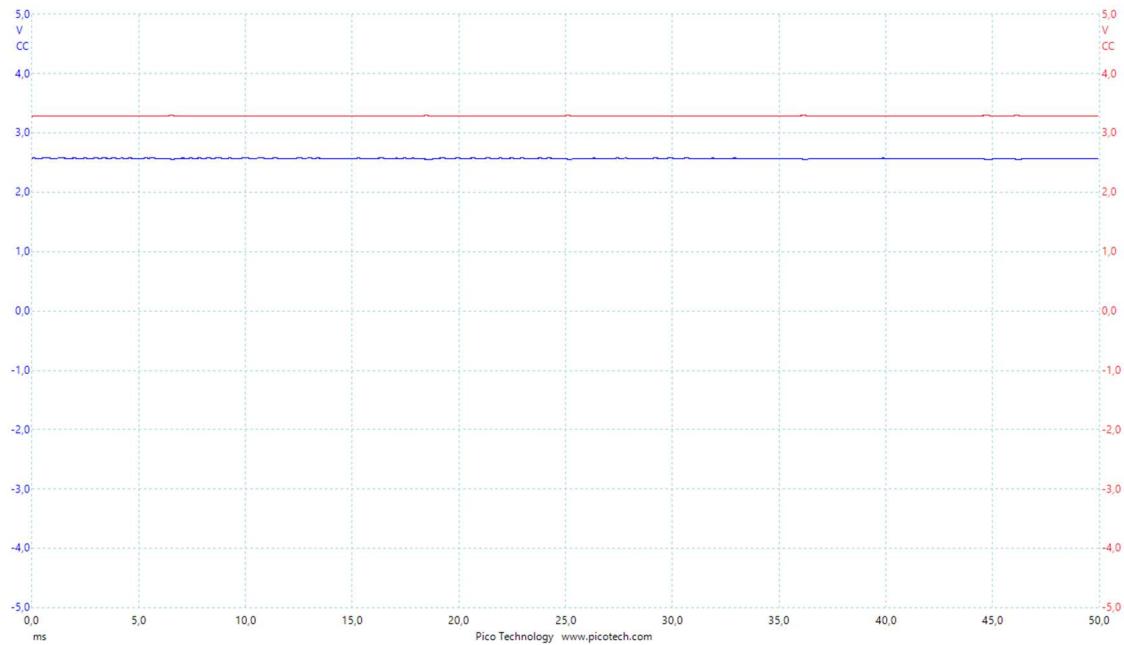


Figura 37. VSOLAR Y VSTOR CARGANDO BAT

En la figura 37 podemos observar como la salida VSTOR vale el voltaje actual de la batería que es 3,3 V y la entrada ha bajado hasta 2,6 V, se está cargando a la batería con una corriente de $I_{BAT} = 105 \mu A$, la potencia generada por el panel es de $P_{SOLAR} = 392 \mu W$.

Ahora se ha conectado una carga de $100 \text{ k}\Omega$ en la salida VSTOR disipando esta $P_{VSTOR} = 129 \mu W$ dejando una corriente de carga para la batería de $I_{BAT} = 70 \mu A$.

Luz que entra por la ventana

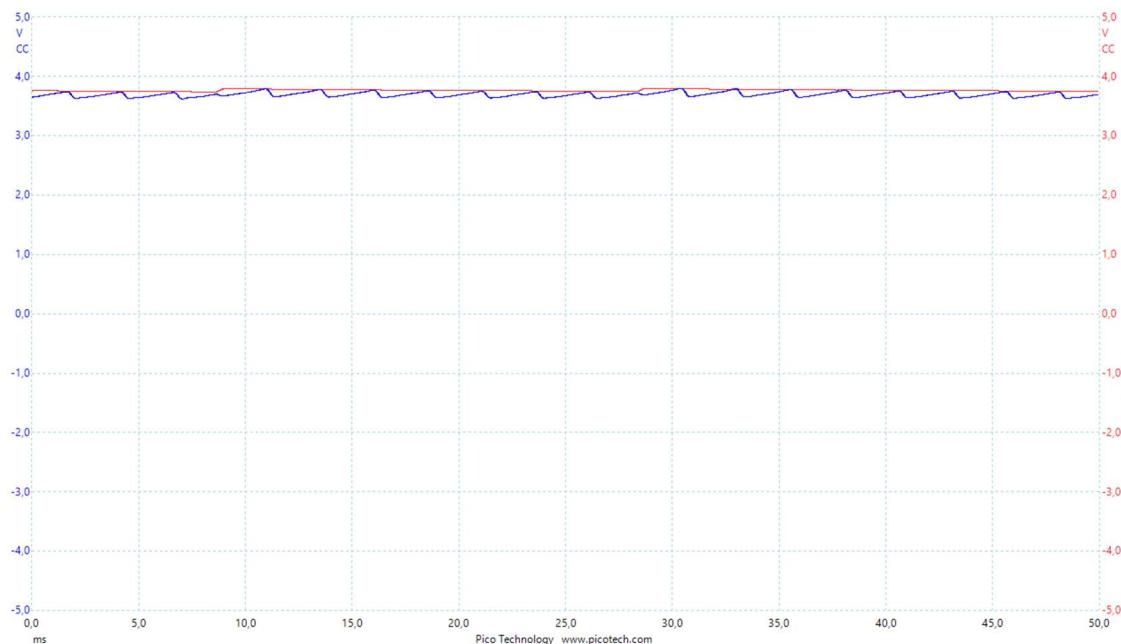


Figura 38. VSOLAR y VSTOR VENTANA

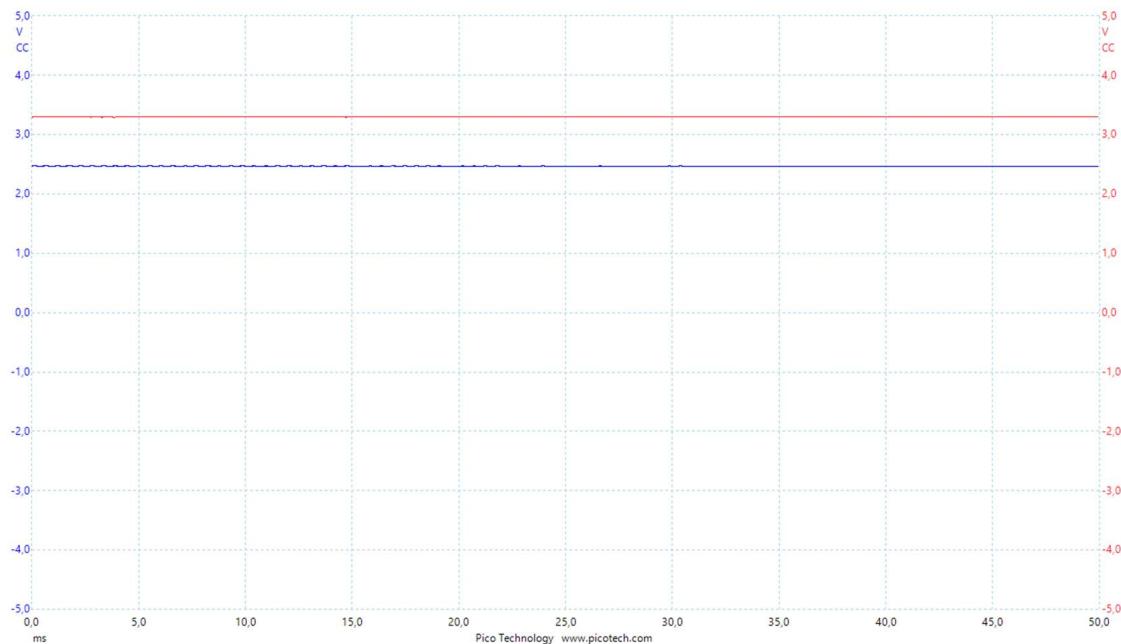


Figura 39. VSOLAR y VSTOR VENTANA CARGANDO BAT

En la figura 39 observamos de nuevo el caso de carga de batería y carga a la salida, cargando la batería con una corriente $I_{BAT} = 76 \mu A$, disipando la carga $P_{VSTOR} = 129 \mu W$ y generando el panel solar una de $P_{SOLAR} = 410 \mu W$.

Sin luces y las lamas bajadas

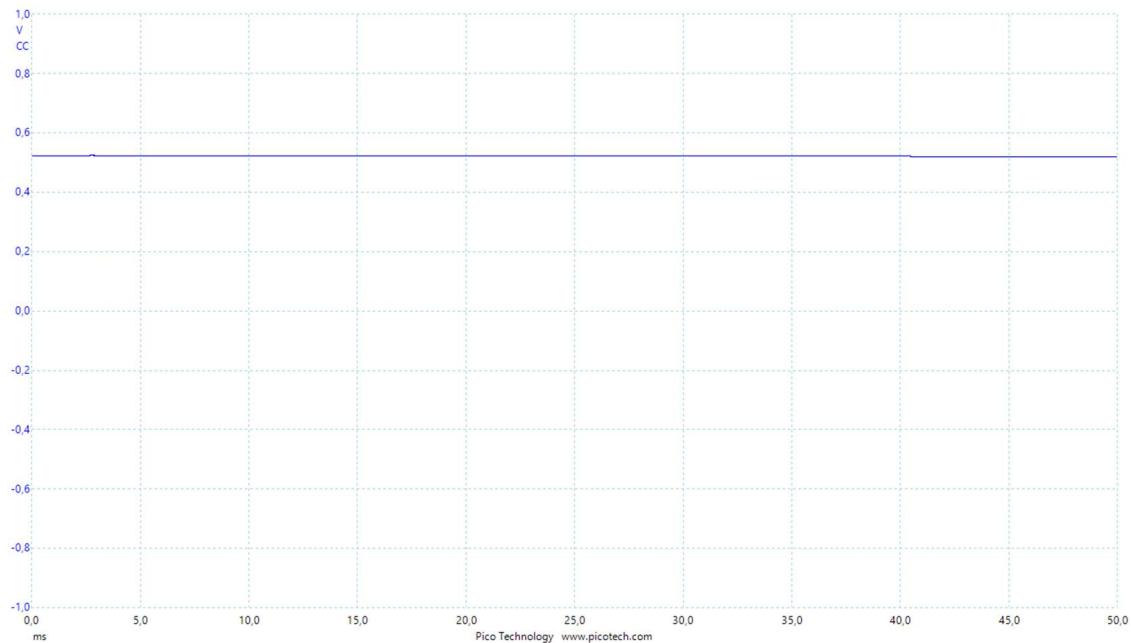


Figura 40. VSOLAR LUZ APAGADA

Es capaz de arrancar y llegar al valor de *coldstart* 380 mV pero no es capaz de extraer más energía para elevar la salida.

3. Pruebas con el panel de interiores AM-1816CA

Luz de la habitación (fluorescente de luz cálida)

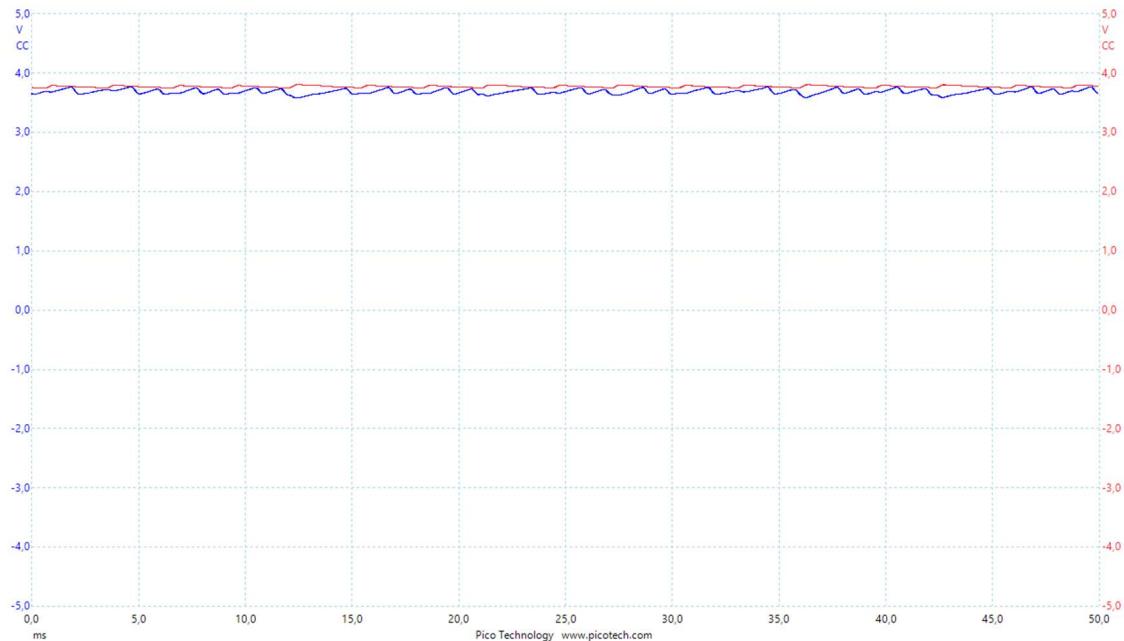


Figura 41. VSOLAR y VSTOR

En la figura 41 podemos ver como la salida de VSTOR corresponde al voltaje VBATOV de 3,8 V ya que el micro corta el circuito elevador al llegar a esa tensión en la salida, se ha colocado en ella una carga de 100 KΩ disipando esta una potencia de salida de $P_{VSTOR}=129 \mu W$.

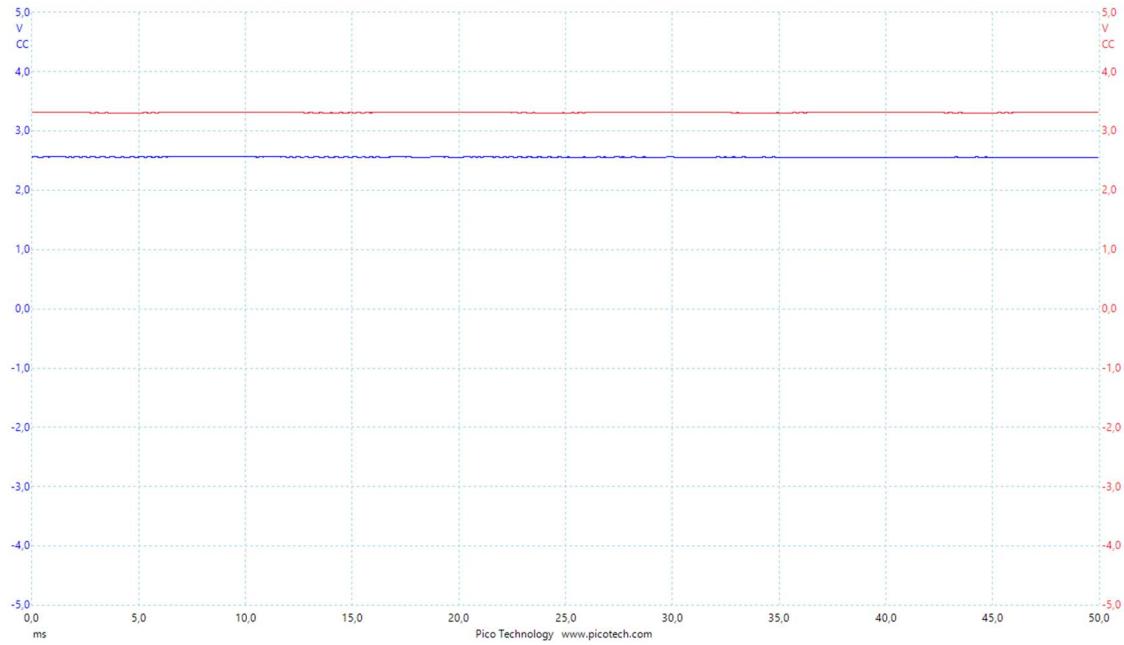


Figura 42. VSOLAR Y VSTOR CARGANDO BAT

En la figura 42 podemos observar como la salida VSTOR vale el voltaje actual de la batería que es 3,3 V y la entrada ha bajado hasta 2,6 V, se está cargando a la batería con una corriente de $I_{BAT} = 175 \mu A$, la potencia generada por el panel es de $P_{SOLAR} = 650 \mu W$.

Ahora se ha conectado una carga de $100 K\Omega$ en la salida VSTOR disipando esta $P_{VSTOR} = 129 \mu W$ dejando una corriente de carga para la batería de $I_{BAT} = 141 \mu A$.

Luz que entra por la ventana

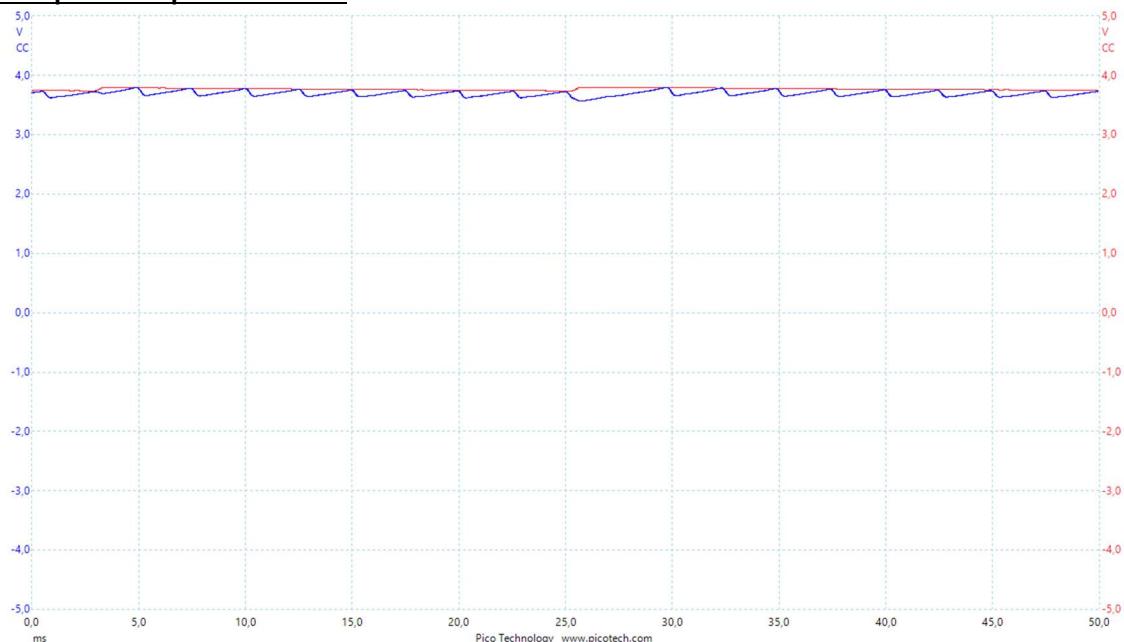


Figura 43. VSOLAR y VSTOR VENTANA

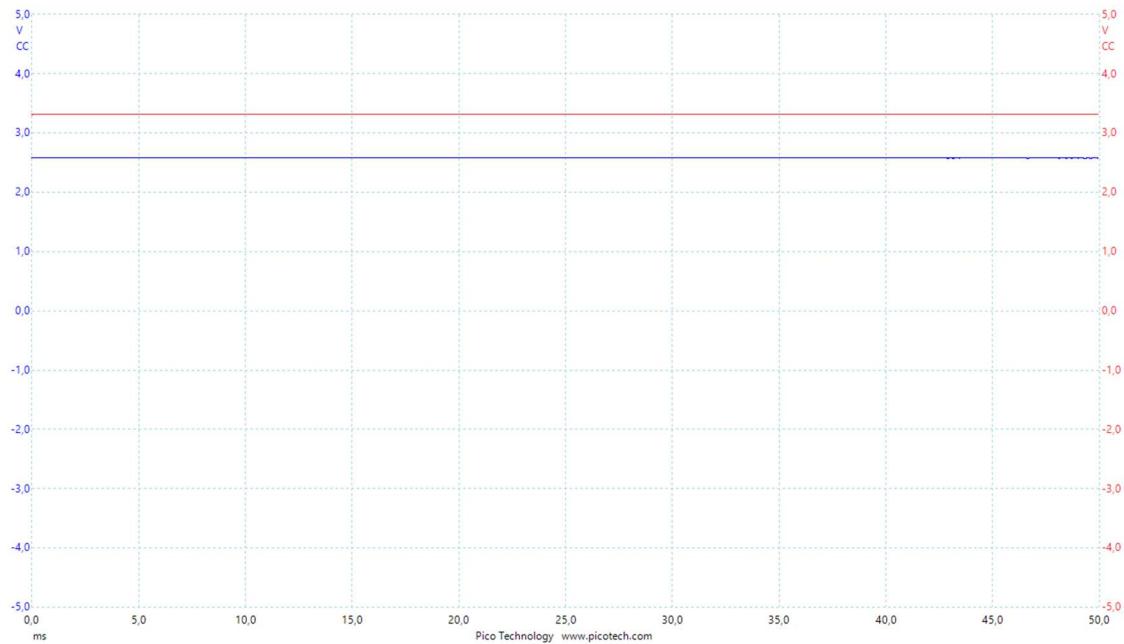


Figura 44. VSOLAR y VSTOR VENTANA CARGANDO BAT

En la figura 44 observamos de nuevo el caso de carga de batería y carga a la salida, cargando la batería con una corriente $I_{BAT}=186 \mu A$, disipando la carga $P_{VSTOR}=129 \mu W$ y generando el panel solar una de $P_{SOLAR}=775 \mu W$.

Sin luces y las lamas bajadas

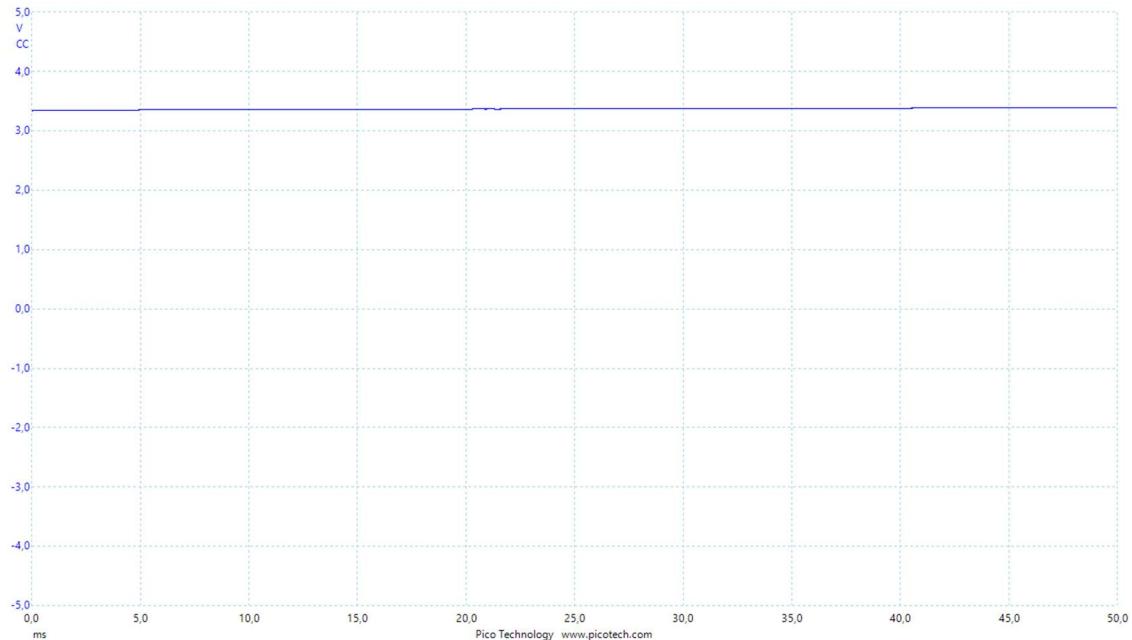


Figura 45. VSOLAR LUZ APAGADA

Es capaz de arrancar el micro y elevar la tensión, pero no es capaz de extraer suficiente corriente para cargar la batería ni para alimentar a la carga a la salida.

12. Instrucciones de configuración PCB sensor

Esta placa tiene una serie de conexiones J5, J6 que la configuran de distinta forma según el módulo que se conecte en J1 y J2, al igual que a la tensión que queramos alimentar el sensor en J8 decidiendo entre VCC o VREG.

Luego tenemos dos huellas para conectar un pulsador(SW2) y un zumbador externo(BUZ). Las imágenes que se muestran son viendo todo desde la cara top.

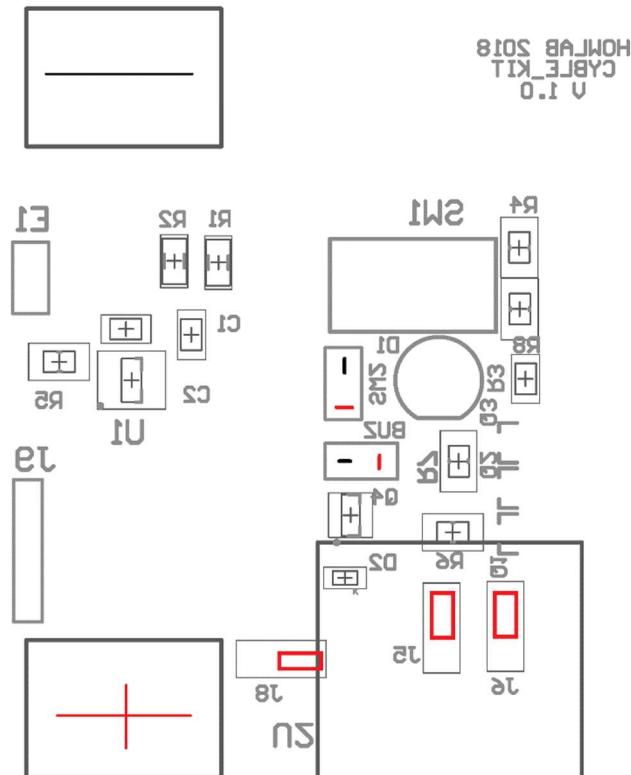


Figura 46. Modulo202007 y sensor a VCC

Esta configuración de J5 y J6 es para conectar el modulo202007 los conectores J1 y J2 de este en los contiguos en la PCB, se ha colocado también la pila y la señales de SW2 y BUZ.

Con el J8 fijamos la tensión que recibe el sensor representado como U2, valdría cualquiera de las dos en este esquema se ha representado esta, pero podría ser la otra.

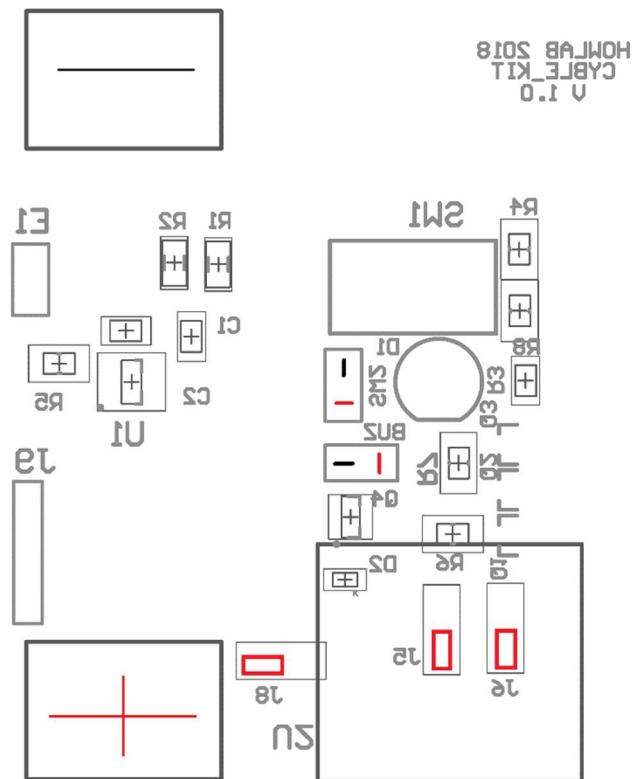


Figura 47. Modulo 212006 y sensor a VREG

Ahora se ha configurado J5 y J6 para el módulo 212006 y se ha cambiado el J8 a VREG para ver la diferencia con la figura 46.

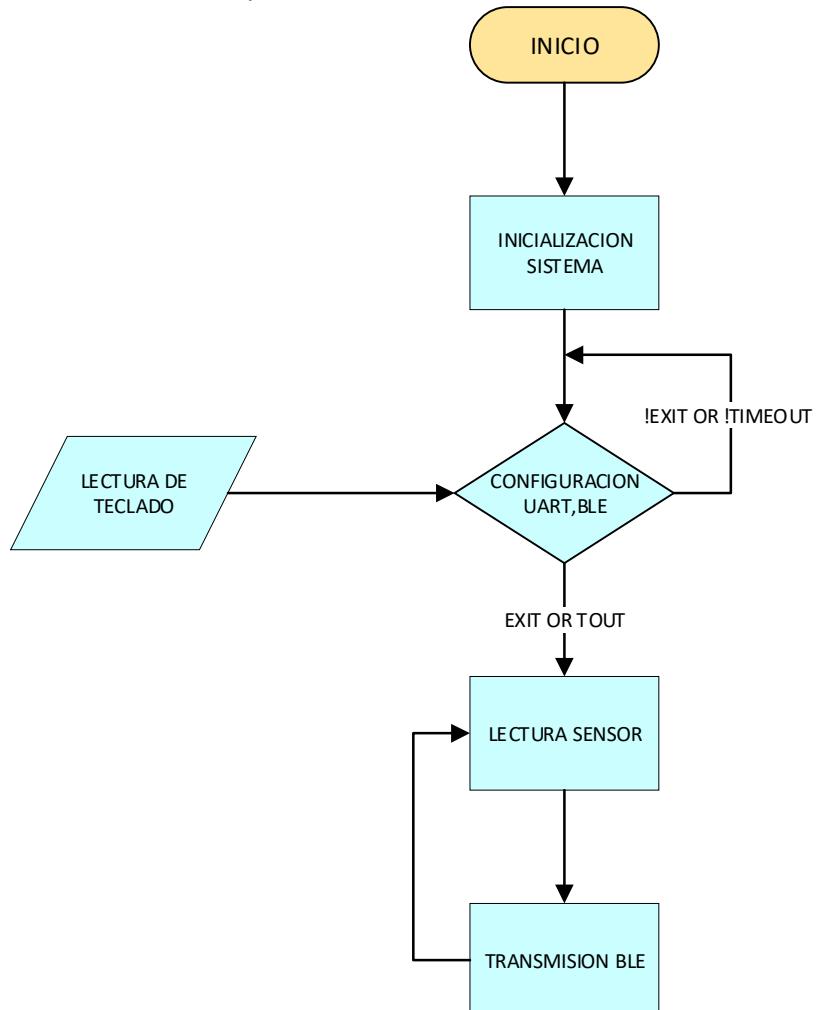
Conecotor	Función
J3	Negativo de la batería
J4	Positivo de la batería
E1	Jumper abierto- medida Resistencia Shunt R5(\pm) Jumper cerrado- cortocircuito de R5
BUZ	Conexión de un <i>buzzer</i> externo
SW2	Conexión de un <i>Switch</i> externo
J5	Conexión entre 1 y 2= módulo 202007 Conexión entre 2 y 3= módulo 212006
J6	Conexión entre 1 y 2= módulo 202007 Conexión entre 2 y 3= módulo 212006
J8	Conexión entre 1 y 2= tensión VCC Conexión entre 2 y 3=tensión VREG
J9	Conexión de VCC, GND, NC, SW, BUZ

13. Sensor inalámbrico

A continuación, se muestra el diagrama de flujo que constituye el bucle principal del programa en el que podemos ver como el micro inicializara todas las funciones que van a ser usadas: las interrupciones, la comunicación serie *UART*, la comunicación con el sensor *I²C*, el *Bluetooth*, el modo del sensor.

Después el usuario podrá configurar a través del puerto serie la dirección del dispositivo bluetooth, la velocidad de transmisión de datos, activar el sensor, seleccionar el número del sensor que vamos a leer, etc. Con el comando *HELP* podemos ver todas las funciones que nos permite.

Una vez que pulsemos *EXIT* o se acabe el tiempo de espera prosigue el sensor y entra en un bucle de lectura de datos del sensor dando datos de humedad, temperatura, presión y nivel de gas. La lectura de los datos del sensor se consigue gracias a los métodos que aparecen en la librería que nos ofrece Bosch el sensor *BME680*, este dispone de todos los métodos que recogen los datos de los registros y lo que tendremos que hacer es adaptarlos para la comunicación *I²C* ya que vienen hechos para la *SPI*. Las ordenes que lanzaremos con el módulo será una lectura del sensor que nos devuelva los cuatro valores y después escritura en el *Bluetooth* gracias a las librerías que proporciona Cypress, se incorporará además las librerías de bajo consumo para poder usar los estados de *Sleep* y *LowPower* para poder reducir el consumo del micro entre lectura y lectura.



14. Mejoras

Después de realizar el primer prototipo y validar el sistema de carga se han pensado mejoras para el diseño de la placa para lo que sería un producto final.

Respecto a la placa de alimentación se ha planteado colocar conectores con posición para evitar conectar al revés las fuentes de alimentación o la batería ya que una conexión así llevaría a la destrucción del microcontrolador. Además de estos conectores añadir una etapa con diodo de protección en la salida de carga de la batería escogiendo un diodo de baja caída para no perder voltaje.

Además, se podrían poner como se hizo en la placa del sensor una huella de tres PAD para unir una resistencia $0\ \Omega$ 0805 y fijar la salida del sistema, así como la de la batería según el micro a utilizar.

Los jumpers E8 y E4 se pueden eliminar ya que se ha corroborado que son innecesarios.

El diodo de protección para el panel solar debería ser suprimido ya que interfiere en el algoritmo de MPPT del micro al variar en función de la corriente que suministra el panel solar la tensión directa de este moviendo el punto óptimo de energía máxima captada.

Para las dos placas habría que evitar algunas pistas que cambian de dirección bruscamente acercándose a codos de 90 siendo esto un cambio de impedancia que perjudica a las señales que transmitimos. Otro problema es la formación de islas en los planos de masas que están sin conectar, por lo tanto, o modificarlo para eliminarlas o conectarlas mediante vías por el otro lado al igual que no dejar ningún plano de masa sin conectar. En la placa del sensor aparecen algunas pistas muy cercanas al borde sin necesidad de ello por lo tanto acercarlas hacia el interior para que el plano de masa las cubra por ambos lados evitando así que queden sin protección.

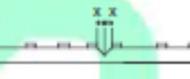
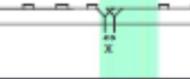
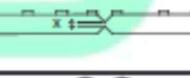
Repasar la serigrafía de todos los componentes he igualar algún tamaño que estaba distinto y fijarse que este bien indicados los componentes sin cambios de orientación en la denominación de está causando confusión a la hora de leerlos.

Para la placa de alimentación se han usado distintos tamaños de resistencias y condensadores, siendo que la placa es grande lo mejor sería hacer lo más grandes posibles ambos y sobre todo usar el mismo encapsulado para todas sin variar entre ellas para unificar las huellas y los tamaños.

15. Normas Diseño PCB

COMPONENTES	
NO utilizar autoposicionamiento de componentes. Haz un posicionamiento razonado, para que las pistas queden lo más cortas, directas, ordenadas y sin cruces posibles y agrupando elementos según su función. (ayuda visualizar mentalmente el recorrido que tendrá que hacer la señal de componente a componente. Ver si es un recorrido muy amplio, si pasa por componentes ruidosos etc)	
Nombres de componentes basada en números Rxx, Cxx, Uxx. Posiciona los nombres junto a los componentes y en un mismo sentido para que te ayuden en la soldadura	
Elegir encapsulados posibles: Separación de pads mayor de 0,3 mm. (Excepcionalmente 0,2 mm) Por ejemplo TSOP, SSOP, QFP, LQFP. Que las patillas estén accesibles desde el exterior de la pieza (Más información sobre dispositivos de montaje superficial en el fichero Tipos de encapsulados SMT).	
La ficha de entrada de 230V ponla con paso mínimo de 5 mm.	
Proveer de la máxima superficie de cobre en la conexión de los pads para que aguante el calentamiento y de un buen soporte al estaño. Se recomienda que el tamaño del pad sea el doble que el taladro que soportan, si no al taladrar pierden mucha superficie de cobre y son difíciles de soldar.	
No utilizar componentes cuyos pads sean octogonales ni agujeros cuadrados.	
PISTAS	
La anchura recomendada de pista es 0,4 mm, la mínima de pista es 0,3 mm (Excepcionalmente 0,2 mm) y el resto de parámetros tienen que corresponder a una clase 3 de dificultad (ver adjunto).	
Evitar quiebros en el ruteado, ángulos rectos, cambios de sentido. Intentar que las pistas no salgan de los pads a 45 grados; mejor salir a rectos y luego hacer el giro a 45º.	
Por lo general, las pistas sensibles (señales pequeñas, antenas, etc.) que salen de integrados deben de ser de la misma anchura que sus pads para evitar cambios de impedancia.	
Evitar pista muy pegadas a los pads del integrado.	
La mayoría de las pistas tienen que estar en la cara Bottom, SOBRE TODO en componentes que no se pueden soldar por ambas caras (conectores 2,54mm, fichas, conectores alimentación, header integrados...).	
Asegúrate de que no tienes pistas sin conexión en ningún componente ni partes sueltas de pistas.	
VÍAS	
Utilizar diámetro interno de vías "estándares" por ejemplo agujero interno de 0.6 mm y diámetro de 1.2 mm (no 0.642 mm)	
Uniformizar diámetros. Evitar mezclar vías y/o pines de inserción de diferentes diámetros	
No utilizar vías cuyos pads sean octogonales ni agujeros cuadrados.	
PLANOS	
Necesitas planos en ambas caras (TOP y BOTTOM), lo normal es que estén conectados a GND. Al generar los planos de masa seleccionar la opción "Pour Over All Same Net Objects" no "Pour Over Same Net Polygons Only".	
Aumentar la distancia de separación entre los planos a cualquier punto (pista, pad, vía...), el mínimo para que soldéis sin muchos problemas sería 0,4 mm.	
En caso de 230V, necesitas cambiar la distancia del plano de masa con el resto de las pistas, se recomienda no poner nada a 5 mm de esas pistas.	
MECANIZADO	
Pensad si necesitáis tornillos de sujeción e incluirlos si fuesen necesarios.	
Necesitas un contorno de placa; hay que dibujar una línea de corte en la Keep-Out Layer, para que la fresadora sepa por donde tiene que cortar la placa.	

CLASES DE DIFICULTAD

	CLASE 3		CLASE 4		CLASE 5		
	mm.	mils	mm.	mils	mm.	mils	
Ancho de pistas	0,3	12	0,2	8	0,15	6	
Separación entre pistas o pads	0,3	12	0,2	8	0,15	6	
Diámetro mínimo de taladro metalizado	0,5	20	0,4	16	0,3	12	
Pared mínima de la corona	0,22	8,6	0,2	8	0,18	7	
Separación mínima entre máscara y pad de cobre	0,15	6	0,12	4,7	0,12	4,7	
Separación mínima entre pistas y canto (para el fresado)	0,25	10	0,25	10	0,25	10	
Grueso mínimo marcaje de componentes	0,2	8	0,2	8	0,2	8	
Tolerancia del fresado	0,15	6	0,15	6	0,15	6	
Separación mínima entre pistas y canto (para el scoring)	0,5	20	0,5	20	0,5	20	
Tolerancia posición scoring	0,1	4	0,1	4	0,1	4	
Tolerancia scoring en zona sin cortar	0,1	4	0,1	4	0,1	4	
Pared mínima entre taladros metalizados	0,4	16	0,4	16	0,4	16	
Corona mínima de taladro NO metalizado	0,25	10	0,25	10	0,25	10	
Tolerancia diámetro metalizado	0,1	4	0,1	4	0,1	4	
Tolerancia diámetro NO metalizado	0,05	2	0,05	2	0,05	2	
Trazado mínimo de la máscara fotosensible	0,2	8	0,2	8	0,2	8	

1) Sin alimentar, comprobar continuidad y cortos en todos los puntos de la placa	
2) Soldar vías (con cable) comprobando continuidad y cortos en cada punto soldado	
3) Planificar el orden de soldadura de componentes (considerar criterios de accesibilidad, zócalos de componentes, bloques de entradas, salidas, etc.)	
4) Soldar el bloque de alimentación (conector, reguladores, etc.) comprobando continuidad y cortos tras cada soldadura.	
5) Alimentar placa si es posible con una fuente limitando corriente y a un nivel de tensión lo más reducido posible y comprobar que no hay sobreconsumo derivado de cortos y que hay niveles de tensión deseados	
6) Alimentar placa con la tensión definitiva comprobar que hay niveles de tensión deseados	
7) Montar bloques (considerar criterios de accesibilidad física para soldar):	
a) Microcontrolador: i) soldar zócalo, reloj y condensadores, reset. ii) programar firmware sencillo (pin arriba y abajo) iii) comprobar funcionamiento del micro en placa (OJO con el sentido del micro)	
b) Entradas: i) soldar pulsador, final de carrera, interruptor, conectores, R's, C's, etc. ii) quitar el micro, alimentar placa y comprobar en el pin del micro el cambio de voltaje al accionar la entrada	
c) Potencia: i) soldar transistor, relés, diodos, R's, C's ii) quitar el micro, alimentar placa y poner 0 o Vcc en el pin del micro que controla la potencia. Comprobar la activación y desactivación de la carga	
d) Componentes con comunicación (LCD, sensores I2C, UART, etc.) i) soldar zócalo o componente y componentes necesarios para el funcionamiento del dispositivo ii) comprobar continuidad entre pines de micro y componente iii) cargar programa en el micro que utilice el componente	