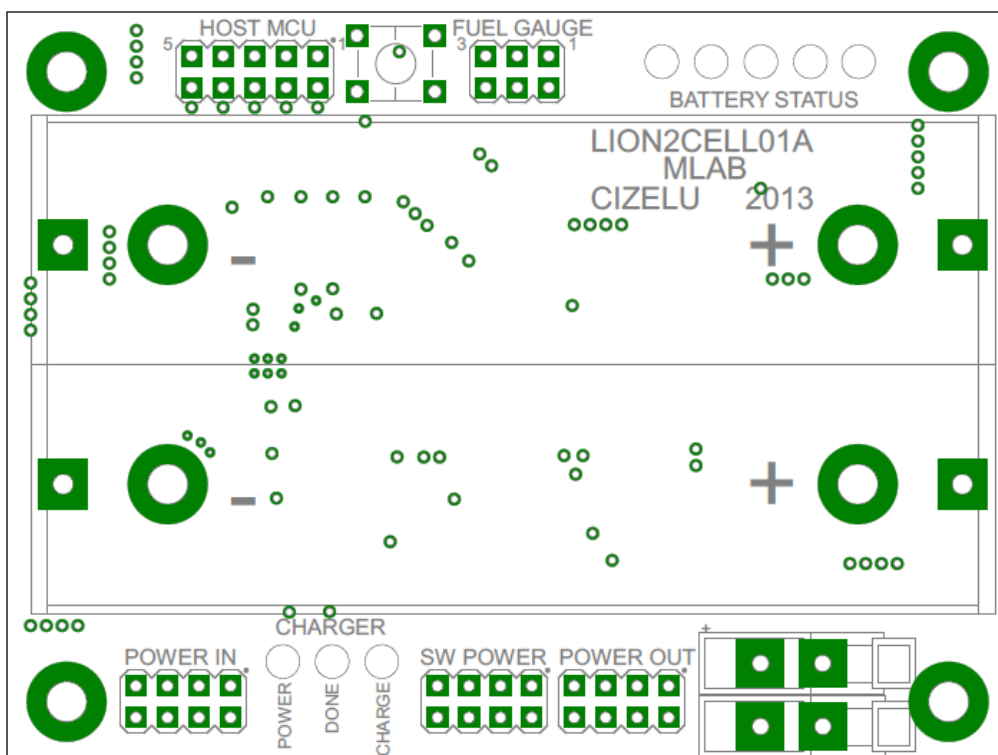


Napájecí modul se dvěma Li-Ion články

Lukáš Čížek

Modul slouží jako držák dvou Li-Ion článků zapojených v sérii, který zároveň zajišťuje jejich ochranu i dobíjení.



1. Technické parametry

Parametr	Hodnota	Poznámka
Vstupní napětí	8,4 - 16 V	Pro dobíjení článků
Vstupní proud	Až 2,2 A	Pro dobíjení článků
Výstupní napětí	Přibližně 7,4 V	Z obou článků v sérii
Výstupní proud	Maximálně 5 A	Dle použité pojistky
Rozměry	81,3x60x30	Výška nad základnou je dána SMD cívkou

2. Popis konstrukce

2.1. Úvodem

Li-Ion (Lithium-iontové) akumulátory jsou perspektivním zdrojem elektrické energie. Dnes jsou běžnou součástí spotřební elektroniky, používají se běžně např. v noteboocích a mobilních telefonech.

Jejich výhodou je velká hustota energie, která umožňuje dosáhnout velké kapacity akumulátorů i při malé hmotnosti a malých rozměrech.

Při nesprávném zacházení, například při zkratování nebo přebíjení akumulátoru, může dojít k jejich vznícení a explozi. Proto je potřeba zajistit jejich ochranu.

Tento modul vznikl proto, aby bylo možné používal Li-On články i na mobilních robotech a dalších přenosných systémech.

2.2. Zapojení modulu

Modul je navržen tak, aby obsahoval jak nabíječku Li-On akumulátorů, tak poskytoval jejich ochranu. Lze ho sestavit ve třech provedeních.

V kompletním provedení modul poskytuje jak nabíječku, měřič zbývající kapacity, tak i ochranné obvody. Tato varianta však může být pro některé účely zbytečná a tedy i nákladná. Proto je modul navržen tak, aby ho bylo možné používat jako samostatnou nabíječku i jako ochranu pro dva Li-On články s měřením zbývající kapacity.

2.2.1. Dobíjení článků

Nabíječka je realizována s pomocí specializovaného obvodu BQ24103, ale lze osadit i integrovaný obvod BQ24113, který informace o dobíjení nezobrazuje na trojici LED diod, ale je uzpůsoben pro komunikaci s hostitelským procesorem.

Oba obvody se chovají jako spínané zdroje. Integrovaný obvod při nabíjení měří nabíjecí proud, napětí na baterii a teplotu pouzdra akumulátoru (pomocí 10k NTC termistoru R11). Podle těchto hodnot nastavuje velikost dobíjecího proudu (je dobré vědět, že Li-Ion články se nabíjejí proudovým zdrojem).

Záměna BQ24103 za BQ24113 se provede tak, že se neosadí LED diody (D3, D4 a D5) a rezistory (R1, R2, R3, R4 a R5), ale hřebínek označený jako SV4.

Pokud nebudeme chtít nabíječku použít, stačí část s nabíječkou pouze neosadit (není potřeba dělat jakékoliv další úpravy).

2.2.2. Ochrana článků

Modul je chráněn pomocí SMD tavné pojistky, která je zapojena v sérii s Li-On články. Pokud proud pojistkou překročí hodnotu 5A (záleží na použité pojistce - lze osadit i hodnotu menší), pojistka se přepálí a odpojí akumulátor.

Dále je na modulu osazen integrovaný obvod BQ29209, který měří napětí na obou článcích a v případě, že by se blížilo jejich zničení vlivem nabíjení (při přebití může dojít k explozi), chvilkově zkratuje SMD tranzistorem akumulátor, který způsobí přepálení tavné pojistky, čímž akumulátor odpojí.

Integrovaný obvod BQ29209 krom ochrany akumulátoru přepálením pojistky také zajišťuje balancování jednotlivých článků malými proudy. To pomáhá chránit články před podvybitím nebo přebitím, protože jak měřící obvod BQ34Z100, tak nabíječka s obvodem BQ24103 měří součet napětí obou článků (jsou zapojeny v sérii) proti zemi, a tak to, že jeden z článků má větší nebo menší napětí (čímž může dojít ke zničení jednoho ze dvou článků), nezjistí.

2.2.3. Měření a zobrazování stavu akumulátoru

Měření zajišťuje specializovaný obvod BQ34Z100. Z důvodu zmenšení vlastní spotřeby probíhá pouze při stisknutí tlačítka SW1. Kvůli rozsahu interního AD převodníku probíhá měření napětí akumulátoru přes spínaný dělič napětí. K tomuto obvodu doporučuji připojit NTC termistor, který je umístěn přímo na plošném spoji. Měřící obvod jím měří teplotu akumulátorů, která je důležitá pro správnost výpočtu zbývající energie ve článcích.

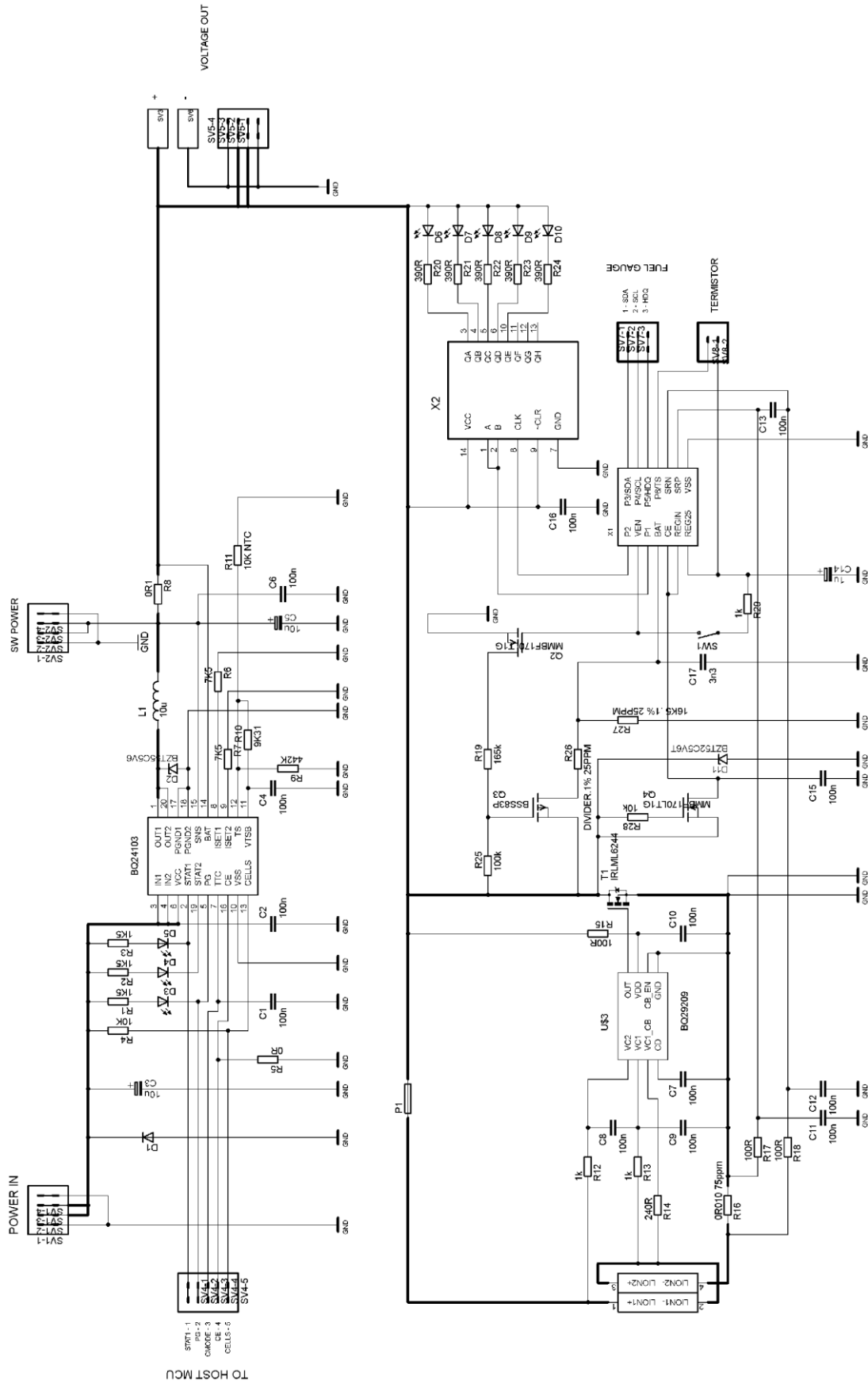
Obvod BQ34Z100 komunikuje s hostitelským procesorem pomocí sériového standardu I2C nebo HDQ. Tato komunikace je obousměrná, proto měřící obvod může zasílat informace o akumulátoru a hostitelský procesor ho např. může přepínat do různých režimů (podrobněji rozepsáno níže).

Měřící obvod má tři režimy (NORMAL, SLEEP a FULL SLEEP), což pomáhá výrazně snížit vlastní spotřebu (přibližně 100 uA). V režimu NORMAL je obvod připojen ke zdroji napájení a může vykonat jakýkoliv požadovaný úkol. V režimu SLEEP, který je nastaven automaticky, má obvod sníženou spotřebu a periodicky provádí měření. Pokud dojde k překročení nastavených hodnot proudu tekoucího měřícím odporem, dojde k přepnutí do režimu NORMAL. Pokud se obvod nachází v režimu FULL SLEEP, vypne se i interní oscilátor a obvod pouze čeká na požadavek o přepnutí do režimu SLEEP.

Zobrazení stavu akumulátoru probíhá na modulu pomocí 8-bitového registru se sérovým vstupem, který má paralelní výstup, k němuž je připojeno přes odpor 5 LED diod.

V případě, že budeme modul chtít využít pouze jako nabíječku, stačí neosazovat ochranný a měřící obvod a registr. V tomto případě však doporučuji použít ji pro nabíjení dvoučlánkových akumulátorů, které v pouzdru obsahují i ochranné obvody, aby nedošlo k jejich poškození nebo explozi.

Na další straně naleznete zapojení celého modulu. Pro lepší orientaci je v databázi stavebnice MLAB uloženo ve formátu PDF určeným pro tisk na papír velikosti A3.



2.3. Práce s modulem

Při dobíjení je nutné připojit zdroj na hřebínek SV1. Nabíjecí obvod lze použít i v případě provozu zařízení. K tomu slouží hřebínek SV2.

Pokud chceme zobrazit na LED diodách zbývající kapacitu akumulátoru, musíme stisknout tlačítko SW1, které způsobí aktivaci měřicího obvodu, spínaného napěťového děliče a dojde k odeslání zprávy do posuvného registru, který zajistí rozsvícení LED diod.

Podle odebíraného proudu připojíme zátěž buď na hřebínek SV5 nebo na WAGO svorky (SV3 - kladný pól, SV4 - zem).

2.3.1. I2C komunikace

I2C komunikace probíhá pomocí dvou vývodů P3 - SDA (data) a P4 - SCL (hodinový signál). Maximální hodnota frekvence pro hodinový signál je 400 kHz.

Pro seznam příkazů, jejich popis a použití si prostudujte katalog součástky BQ34Z100 ze stránek Texas Instruments.

2.3.2. HDQ komunikace

Kromě komunikace pomocí standardu I2C obvod BQ34Z100 umožňuje i komunikaci přes rozhraní HDQ. Tento typ komunikace vyžaduje pouze jeden vodič. Ten je připojen k pinu P5 - HDQ. Pro správnou funkci komunikace je důležité připojit externí pullup nebo pulldown rezistor.

Pro seznam příkazů, jejich popis a použití si prostudujte katalog součástky BQ34Z100 ze stránek Texas Instruments. Pro způsob komunikace HDQ a jeho popis si prostudujte pdf "*HDQ Communication Basics for TI's Battery Monitor ICs*" ze stránek Texas Instruments.

2.3.3. Popis programu pro čtení měřiče kapacity

Adresa obvodu má sedm bitů. Osmý bit určuje, zda z obvodu chceme číst nebo do něj zapisovat. Pro čtení se tedy používá adresa 0xAB a pro zápis 0xAA. Hodnota, kterou pošleme na adresu 0xAA určuje, jaká data obvod připraví na adrese 0xAB.

Na následujícím příkladu názorně ukážu, jak zjistit napětí článků pomocí sběrnice I2C.

```
i2c zapiš 0xAA; // komunikace s obvodem BQ34Z100
i2c zapiš 0x08; // určení typu dat, které obvod připraví - 0x08 pro prvních osm bitů napětí
i2c zapiš 0xAB; // komunikace s obvodem BQ34Z100
napětí_1 = čti i2c; // napětí článků lze přečíst ze sběrnice I2C
i2c zapiš 0xAA; // komunikace s obvodem BQ34Z100
i2c zapiš 0x08; // určení typu dat, které obvod připraví - 0x09 pro druhých osm bitů napětí
i2c zapiš 0xAB; // komunikace s obvodem BQ34Z100
napětí_2 = čti i2c; // napětí článků lze přečíst ze sběrnice I2C
```

Na další straně uvádím tabulku, kde je uveden seznam instrukcí pro vyčítání různých parametrů z obvodu BQ34Z100. Jak je vidět z předchozího příkladu i uvedené tabulky, některé veličiny mají šestnáctibitovou hodnotu, a tak je nutné je číst nadvakrát a v řídicí jednotce dopočítat.

Seznam příkazů:

NAME		COMMAND CODE	UNITS	SEALED ACCESS	UNSEALED ACCESS
<i>Control()</i>	CNTL	0x00 / 0x01	N/A	R/W	R/W
<i>StateOfCharge()</i>	SOC	0x02 / 0x03	%	R	R
<i>RemainingCapacity()</i>	RM	0x04 / 0x05	mAh	R	R
<i>FullChargeCapacity()</i>	FCC	0x06 / 0x07	mAh	R	R
<i>Voltage()</i>	VOLT	0x08 / 0x09	mV	R	R
<i>AverageCurrent()</i>	AI	0x0a / 0x0b	mA	R	R
<i>Temperature()</i>	TEMP	0x0c / 0x0d	0.1°K	R	R
<i>Flags()</i>	FLAGS	0x0e / 0x0f	N/A	R	R
<i>Mfr Date</i>	DATE	0x6B / 0x6c	N/A	R	R
<i>Mfr Name Length</i>	NAMEL	0x6d	N/A	R	R
<i>Mfr Name</i>	NAME	0x6e – 0x78	N/A	R	R
<i>Device Chemistry Length</i>	CHEML	0x79	N/A	R	R
<i>Device Chemistry</i>	CHEM	0x7a – 0x7d	N/A	R	R
<i>Serial Number</i>	SERNUM	0x7e / 0x7f	N/A	R	R

Pomocí příkazu *Control()* lze obvod nastavovat a řídit. V další tabulce naleznete jejich seznam.

Příkazy podmíněné odesláním příkazu *Control()*:

CNTL FUNCTION	CNTL DATA	SEALED ACCESS	DESCRIPTION
CONTROL_STATUS	0x0000	Yes	Reports the status of DF Checksum, IT, for example.
DEVICE_TYPE	0x0001	Yes	Reports the device type of 0x0541 (indicating bq34z100)
FW_VERSION	0x0002	Yes	Reports the firmware version on the device type
HW_VERSION	0x0003	Yes	Reports the hardware version of the device type
RESET_DATA	0x0005	No	Returns reset data
PREV_MACWRITE	0x0007	No	Returns previous MAC command code
CHEM_ID	0x0008	Yes	Reports the chemical identifier of the Impedance Track configuration
BOARD_OFFSET	0x0009	No	Forces the device to measure and store the board offset
CC_OFFSET	0x000A	No	Forces the device to measure the internal CC offset
CC_OFFSET_SAVE	0x000B	No	Forces the device to store the internal CC offset
DF_VERSION	0x000C	Yes	Reports the data flash version on the device
SET_FULLSLEEP	0x0010	No	Set the [FULLSLEEP] bit in the control register to 1
STATIC_CHEM_CHKSUM	0x0017	Yes	Calculates chemistry checksum
CURRENT	0x0018	Yes	Returns the instantaneous current measured by the gauge
SEALED	0x0020	No	Places the device in SEALED access mode
IT_ENABLE	0x0021	No	Enables the Impedance Track algorithm
CAL_ENABLE	0x002D	No	Toggle calibration mode
RESET	0x0041	No	Forces a full reset of the bq34z100
EXIT_CAL	0x0080	No	Exit calibration mode
ENTER_CAL	0x0081	No	Enter calibration mode
OFFSET_CAL	0x0082	No	Reports internal CC offset in calibration mode

Pokud budeme chtít využít příkazu *Control()*, probíhá komunikace podobně, jako bylo uvedeno výše, se ještě po jeho odeslání musí poslat příkaz z předchozí tabulky a teprve poté lze začít s vyčítáním.

2.4. Mechanická konstrukce

Vzhledem ke složitosti zapojení je modul realizován na oboustranném plošném spoji. Silové cesty jsou vedeny co nejtlustšími spoji. Obvod je kvůli zamezení zkratu z obou stran lakován. Kvůli cívce pro dobíjecí obvod je modul umístěn poměrně vysoko nad základnou.

Důležitá je provedení prokovů pod dobíjecím obvodem, které umožňují lepší odvod tepla (jako chladič se použije i druhá strana plošného spoje), čímž se zamezí poškození obvodu teplem vznikajícím při dobíjení.

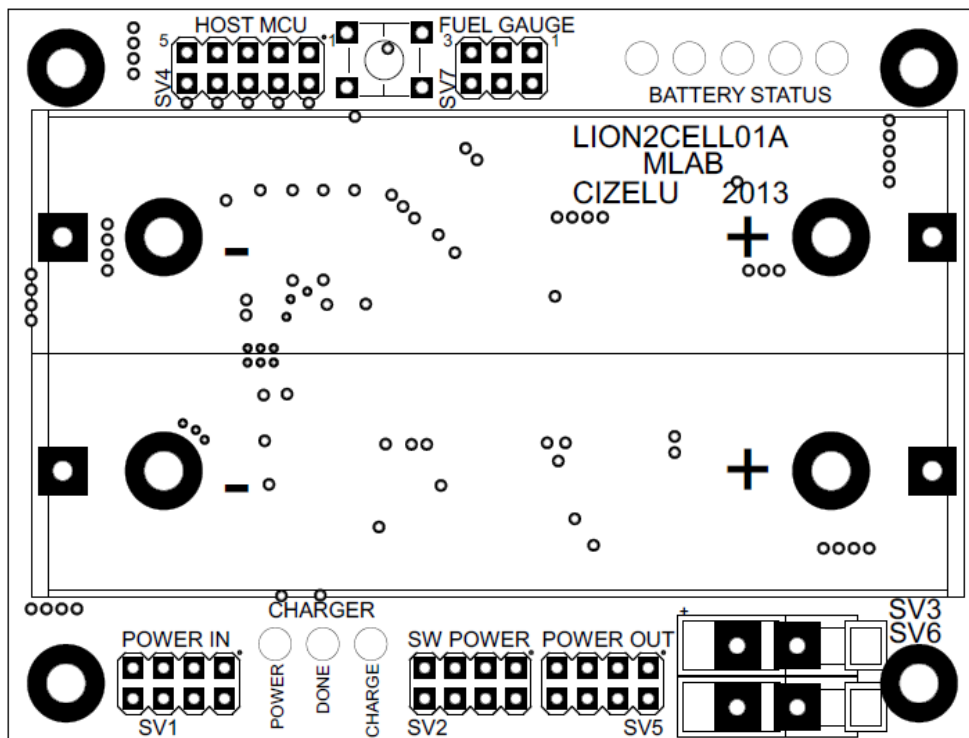
V rozích má modul šrouby M3, které v tomto případě nejsou spojeny se zemí.

3. Osazení a oživení

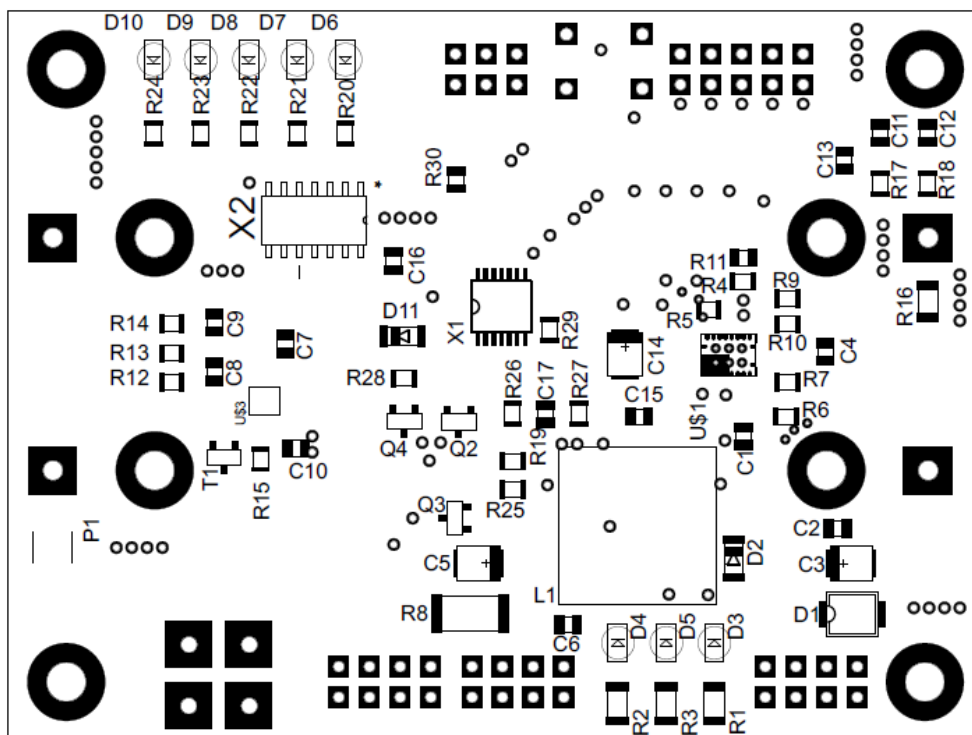
3.1. Osazení a seznam součástek

Všechny součástky, až na hřebínky, svorky a držák baterie jsou umístěny na horní straně plošného spoje. SMD LED diody doporučuji osadit tak, aby mohly svítit otvory vyvrtanými skrz desku plošného spoje. Tato konstrukce lépe chrání diody před mechanickým poškozením, přičemž není potřeba pro kontrolu stavu modul otáčet.

Na další straně je osazovací plánek plošného spoje a dále názvy součástek a jejich hodnoty.



Osazení modulu LION2CELL1A - vrchní strana



Osazení modulu LION2CELL1A - spodní strana

C1, C2, C4, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C15, C16

	100n	C0805
C3, C5	10u	SMB
C14	1u	SMB
C17	3n3	C0805
D1	1N4007	SMB
D2	BZT55C5V6	MINIMELF
D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10	LED 1206	
D11	BZT52C5V6T	MINIMELF
L1	10u	DE1205-10
Q2	MMBF170LT1G	SOT23
Q3	BSS83P	SOT23
Q4	MMBF170LT1G	SOT23
R1, R2, R3	1K5M	1206
R4	10K	M0805
R5	0R	M0805
R6, R7	7K5	M0805
R8	0R1	R2512
R9	442K	M0805
R10	9K31	M0805
R11	10K NTC	R0805
R12,R13	1k	M0805
R14	240R	M0805
R15,R17,R18	100R	M0805
R16	0R010 75ppm	1206
R19	165k	M0805
R20, R21, R22, R23, R24	390R	M0805
R25	100k	M0805
R26	DIV.1% 25PPM	M0805
R27	16K5 .1% 25PPM	M0805
R28	10k	M0805
R29	1k	M0805
SW1	switch	TACT-64K
T1	IRLML6244	SOT23
IO1	BQ24103	RHL_R-VQFN-N20
IO2	BQ29209	DRB-N8
IO3	BQ34Z100	TSSOP14
IO4	SN74HC164D	SOIC127P600X175-14N

3.2. Oživení

Na modulu není potřeba nic oživovat, vše by mělo fungovat hned po zapojení. Pro zprovoznění komunikace měřicího obvodu přes I2C nebo HDQ je nutné jej nastavit.