

Electrónica IV

Miguel Horta 67597

Edgar Gonçalves 67590

I. INTRODUÇÃO

O presente documento explicita o desenho e construção de um carregador de baterias de chumbo "inteligente".

II. OBJECTIVOS

Construir um dispositivo autónomo e de fácil interação com o utilizador capaz de carregar baterias de chumbo de forma o mais versátil possível. Este dispositivo deverá ser capaz de medir:

- a corrente fornecida à bateria,
- a tensão fornecida à bateria,
- a tensão aos terminais da bateria (mesmo que não esteja a ser alimentada),
- a temperatura na face exterior da bateria,
- a temperatura da superfície do dissipador do regulador linear de tensão no interior do módulo.

O micro controlador PIC32 incorporado no dispositivo atua, de acordo com as medidas anteriores e valores introduzidos pelo utilizador:

- na base do transistor de potência do regulador linear
- na ventoinha que circula o ar do interior da estrutura do dispositivo

Em função das instruções do utilizador e das medidas, as funcionalidades do dispositivo serão:

- Calcular e apresentar a percentagem da restante carga da bateria,
- Carregar a bateria em 3 modos de funcionamento diferentes:
 - Carregamento rápido - limitar a corrente apenas no máximo especificado para a bateria, deteriorando a saúde da mesma em troca da velocidade de carregamento,
 - Carregamento lento - fixar uma corrente baixa, não deteriorando tanto a saúde da bateria,
 - Carregamento "inteligente" - melhor relação velocidade de carregamento/preservação da bateria através de vários passos de carregamento diferentes em função da percentagem de carga da bateria.
- Apresentar os valores das diferentes medidas nas respectivas unidades,
- Impor em "malha aberta" uma tensão a fornecer à bateria,
- Impor em "malha aberta" uma intensidade à ventoinha.

III. PROJECTO E CÁLCULOS

A. Sensores de Temperatura

Este circuito adapta o sinal que é extraído do sensor de temperatura LM335 para uma gama de tensões que seja

lida pelos pins de entrada da PIC32 - 0 a 3.3V. Inicialmente o sinal esperado do terminal +VS do sensor de temperatura deverá rondar os 2.9V para 20°, usando um amplificador na configuração diferença com uma tensão de referência de 2.73V no outro terminal de entrada do OP-AMP. Ajustando as resistências consegue-se um ganho que adapte o sinal para valores que estejam sempre dentro da gama da PIC32. Neste caso, de forma a aproveitar o espaço, colocou-se o circuito dos dois sensores de temperatura (da bateria e interno da fonte) na mesma placa e no mesmo amplificador operacional MCP6022. Os sensores LM335 são suficientemente precisos para a utilização desejada, foi escolhido o amplificador operacional MCP6022 devido a ser *rail-to-rail* podendo assim obter uma boa excursão do sinal alimentando-o com a tensão regulada 3.3V da PIC32.

A.1 Esquemático

A Figura 1 representa o esquemático deste circuito.

A Figura 4 representa a placa de circuito impresso deste circuito.

B. Medição de corrente

Este circuito, inspirado no *high-side current sense* [1] da Intersil baseia-se na amostragem da queda de tensão aos terminais de uma resistência de 0.15Ω colocada em série com a linha de carregamento. Escolheu-se uma resistência de baixo valor para ter pouca influência na tensão e para dissipar pouca energia. A corrente flui do terminal com o nome "Vblue" para o "Vred", consoante o valor maior ou menor dessa tensão, o darlington (de dois BC557) à saída do amplificador operacional irá conduzir mais ou menos corrente para o divisor resistivo composto pelas resistências de $1k\Omega$ e $8k2\Omega$, que volta a converter o sinal em tensão, após um buffer é amostrado pela pic32. Uma característica deste circuito é o facto de não ter nenhuma referência directa à alimentação ou à massa estando assim em *floating*. O custo associado a este benefício é a eletrónica adicional: a alimentação do amplificador operacional é atribuída pela tensão de referência através do TL431, e uma fonte de corrente para a alimentação negativa.

B.1 Esquemático

A Figura 2 representa o esquemático deste circuito.

A Figura 5 representa a placa de circuito impresso deste circuito.

C. Medição de tensões

As medidas das tensões da bateria e da tensão fornecida pela fonte são extraídas apenas com um divisor resistivo para reduzir o sinal a uma escala compatível com a ADC da PIC32 e um buffer antes da respectiva entrada. Os díodos

schottky previnem que algum pico de tensão afete a entrada do amplificador operacional (buffer neste caso).

C.1 Esquemático

Para fazer um melhor aproveitamento de recursos, incluiu-se o circuito de acondicionamento do sinal de medição de tensões e o de controlo de pwm na mesma placa.

A Figura 3 representa o esquemático que inclui este circuito.

A Figura 6 representa a placa de circuito impresso que inclui este circuito.

D. Acondicionamento de PWM para atuadores

O ataque à base do 2N3055 é feito através de um transistor BD139 criando uma configuração *darlington*. O sinal de PWM da PIC32 atravessa um filtro passa baixo constituído pela resistência de $1k\Omega$ e o condensador de $100\mu F$. Este sinal agora (quase) contínuo é comparado e amplificado pelo amplificador operacional ao ataque da base do BD139.

D.1 Esquemático

Para fazer um melhor aproveitamento de recursos, incluiu-se o circuito de acondicionamento do sinal de medição de tensões e o de controlo de pwm na mesma placa.

A Figura 3 representa o esquemático que inclui este circuito.

A Figura 6 representa a placa de circuito impresso que inclui este circuito.

IV. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para obtenção dos resultados foi usada uma bateria de chumbo de 6V (3 células).

O objectivo principal da bateria é efectuar o modo de carregamento inteligente. Neste modo de carregamento, assumindo que a bateria não está carregada, o dispositivo fornece uma corrente fixa de 0.25C (Ampere) da bateria (introduzida pelo utilizador). No caso prático estipulou-se que a bateria de 6V tem 1000C(mA) logo a corrente fornecida inicialmente é 250mA. Esta corrente é mantida neste valor através de um controlador PI (Proporcional-Integral) implementado na PIC32. Mantendo a corrente fixa, a tensão aos terminais sobe gradualmente até atingir 2.45V por célula (número de células introduzida pelo utilizador). Neste caso a bateria tem 3 células logo o valor de tensão máximo é 7.35V. Ao chegar a este valor, o dispositivo passa para o segundo passo do carregamento: mantém este valor de tensão até a corrente ser menor que 0.05C, ou seja 50mA. À posteriori, entra no último estado, em que o carregador mantém a tensão nominal da bateria aos terminais da mesma - neste caso 6V.

Os resultados foram obtidos ao carregar uma bateria de 6V - note-se que estes resultados são bastante demorados. Foram adquiridos através da obtenção dos valores pela porta série, usando o programa SerialPlot [2]. Na figura 7 consegue-se observar que a corrente tem tendência a manter-se sempre no valor desejado enquanto que a tensão aumenta até certo ponto. Observa-se alguns picos principal-

mente na corrente que são erros de medida e são filtrados pelo software.

Na figura 9 observa-se o carregamento no seu segundo estado em que a tensão mantém-se no seu máximo enquanto que a corrente baixa até certo ponto.

Na figura 9 observa-se o último passo no carregamento, em que se mantém uma tensão próxima da tensão nominal aos terminais da bateria.

V. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

No geral, o dispositivo a que chegámos cumpre os requisitos inicialmente estabelecidos. As medidas são realizadas com uma precisão razoável, os atuadores funcionam dentro de um intervalo aceitável, a temperatura interna mantém-se dentro dos limites desejados, tem uma interface intuitiva e pormenorizada com o utilizador, apresenta detalhes que permitem chegar a um dispositivo eletricamente seguro nomeadamente ligação à terra e, temporalmente o controlo do estado interno é previsível.

Uma desvantagem óbvia deste trabalho é a morosidade da emulação das condições reais a que o aparelho iria estar submetido, consequentemente teve que se tomar a via de apenas realizar exaustivamente pequenos testes com cargas simuladas, sendo que falhas que possam advir dos longos períodos de funcionamento a que o aparelho ficará sujeito nesses ambientes, poderão ter ficado por ser descobertas. Em termos de software, seguiu-se uma abordagem mais baseada em eventos e interrupções, o que nos obrigou a maior esforço para garantir consistência e previsibilidade temporal. O código é todo original, excepto a biblioteca usada para a interface com o LCD que é baseada na biblioteca desenvolvida para as placas STM [3] para esse mesmo propósito.

O software ficou bem organizado e estruturado permitindo a introdução de novas *features* no futuro.

Em retrospectiva, fomos demasiado longe para além daquilo que foi proposto, acabando por ficarmos sobrecarregados e com falta de tempo para chegar à qualidade pretendida.

O projecto neste momento cumpre todos os requisitos a que inicialmente nos propusémos, no entanto ao longo do desenvolvimento do dispositivo fomos reunindo um conjunto de funcionalidades para implementação a longo prazo, nomeadamente:

- Comunicação sem fios através de *wifi* ou *bluetooth*
- Adaptar a outras tecnologias de baterias
- Desenvolver uma placa de controlo dedicada de forma a remover a dependência da DETPIC e melhorar a estética
- Avisos sonoros

Fig. 1 - Acondicionamento do sinal dos sensores de temperatura para leitura pela PIC32.

B. Sensor de corrente

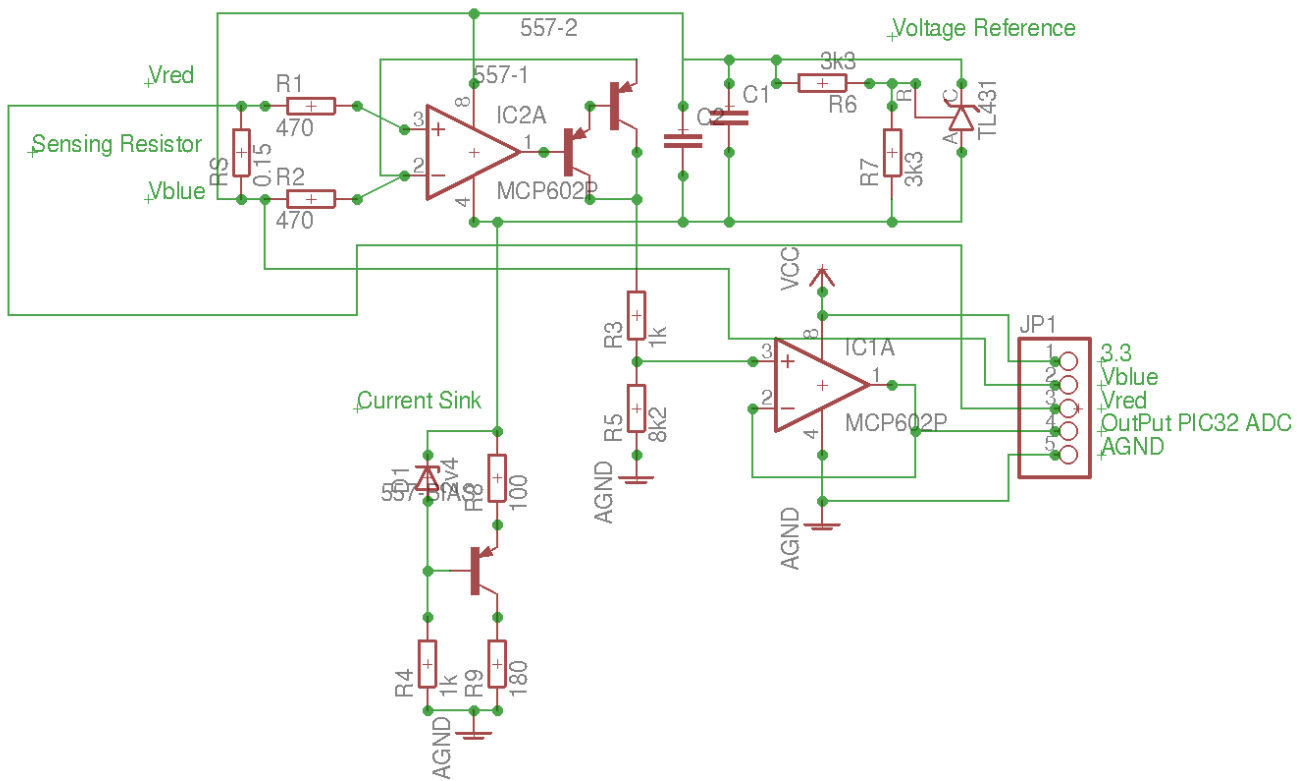


Fig. 2 - Sensor de corrente baseado no *High-Side Current Sense* da *Intersil* com saída acondicionada para leitura pela PIC32.

C. Atuadores por PWM e medidas de tensões

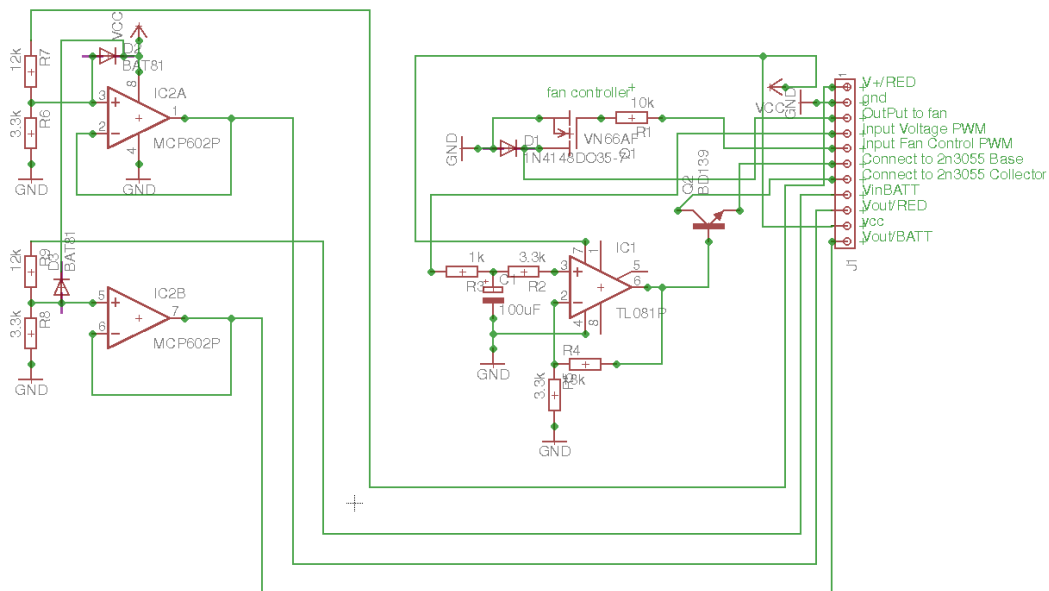


Fig. 3 - Acondicionamento de PWM originado na PIC32 para os atuadores: 2n3055 (transistor de potência) e ventoinha. Acondicionamento da tensão fornecida e da tensão da bateria.

D. Placas de circuito impresso

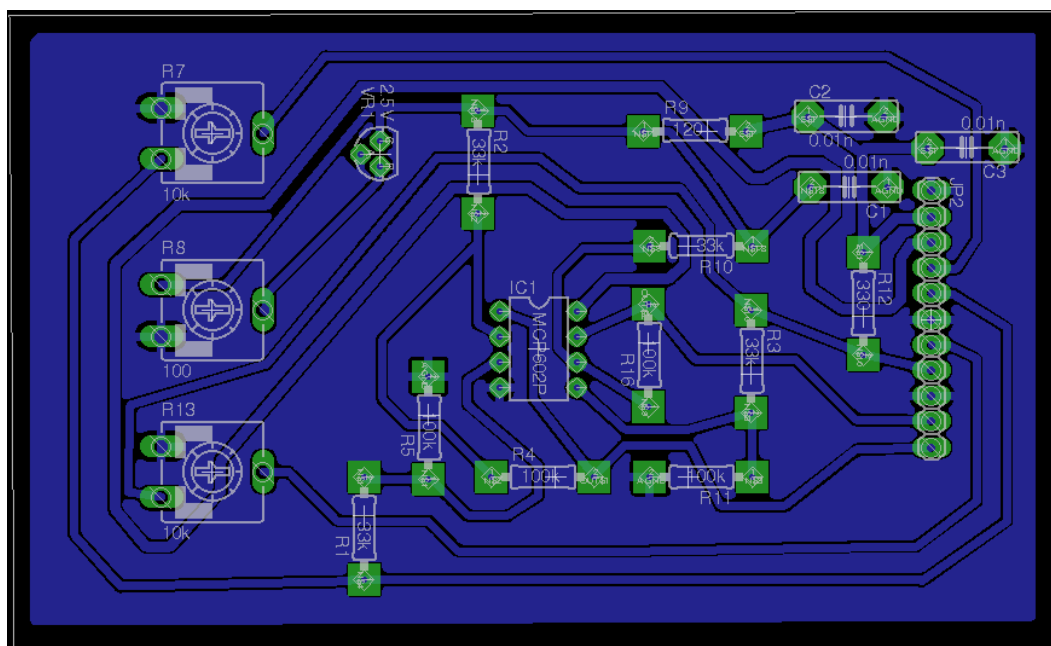


Fig. 4 - PCB do acondicionamento do sinal dos sensores de temperatura para leitura pela PIC32.

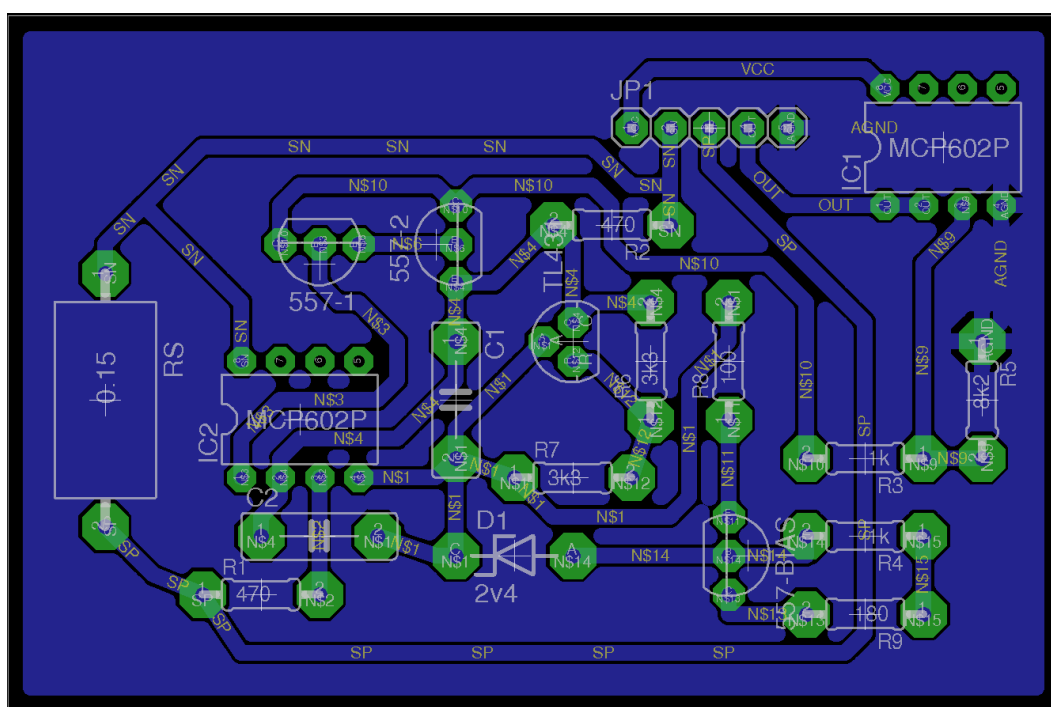


Fig. 5 - PCB do acondicionamento do sensor de corrente para leitura pela PIC32.

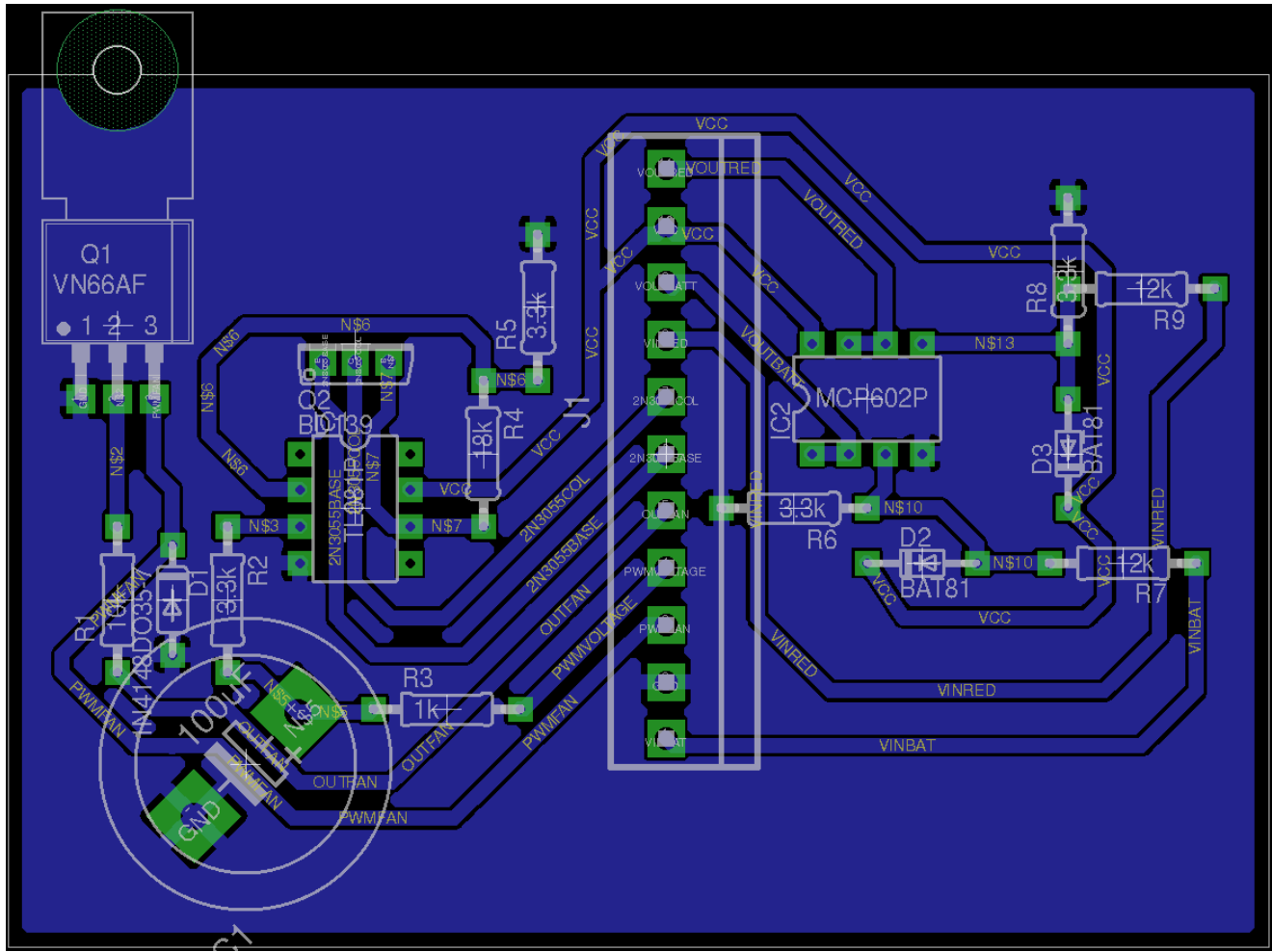


Fig. 6 - PCB do acondicionamento dos sinais de PWM para os atuadores e das leituras de tensão

BIBLIOGRAFIA

- [1] Intersil, "Precision analog cookbook".
URL: <https://web.archive.org/web/20140327021225/http://www.intersil.com/content/dam/Intersil/collateral/en/cookbooks/st-091.pdf>
- [2] Hasan Yavuz ÖZDERYA, "Serial plot".
URL: <https://bitbucket.org/hy0zd/serialplot/>
- [3] Tilen Majerle, "Stm libraries (for hd44780)".
URL: <https://github.com/MaJerle/stm32f429>

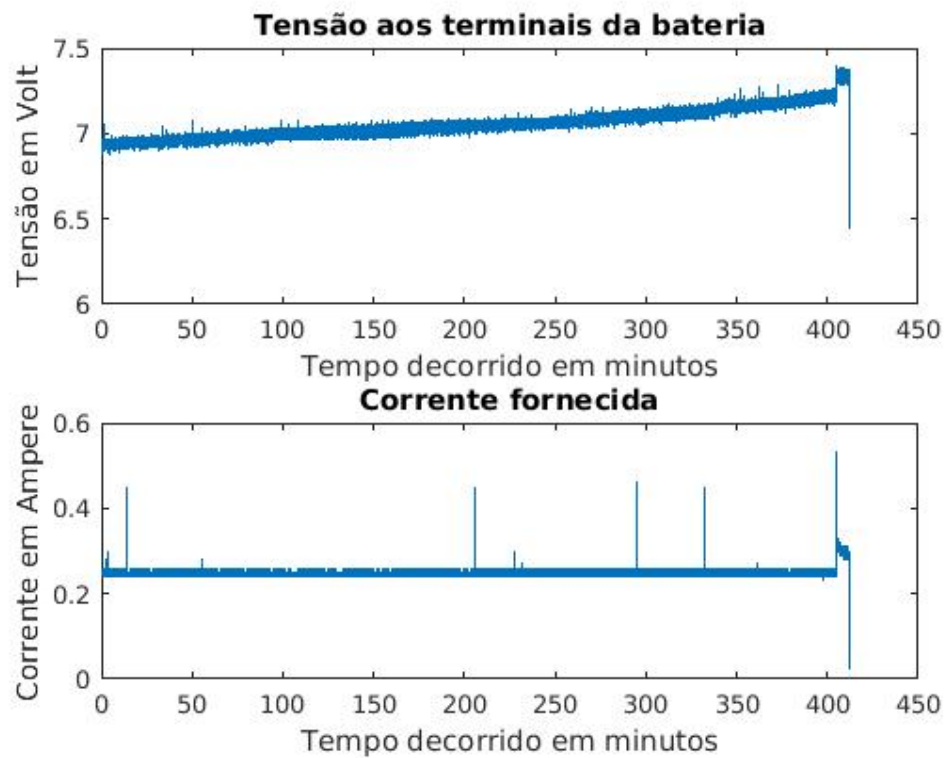


Fig. 7 - Amostragem dos valores de tensão e corrente no primeiro passo do carregamento de uma bateria de 6V (tensão nominal)

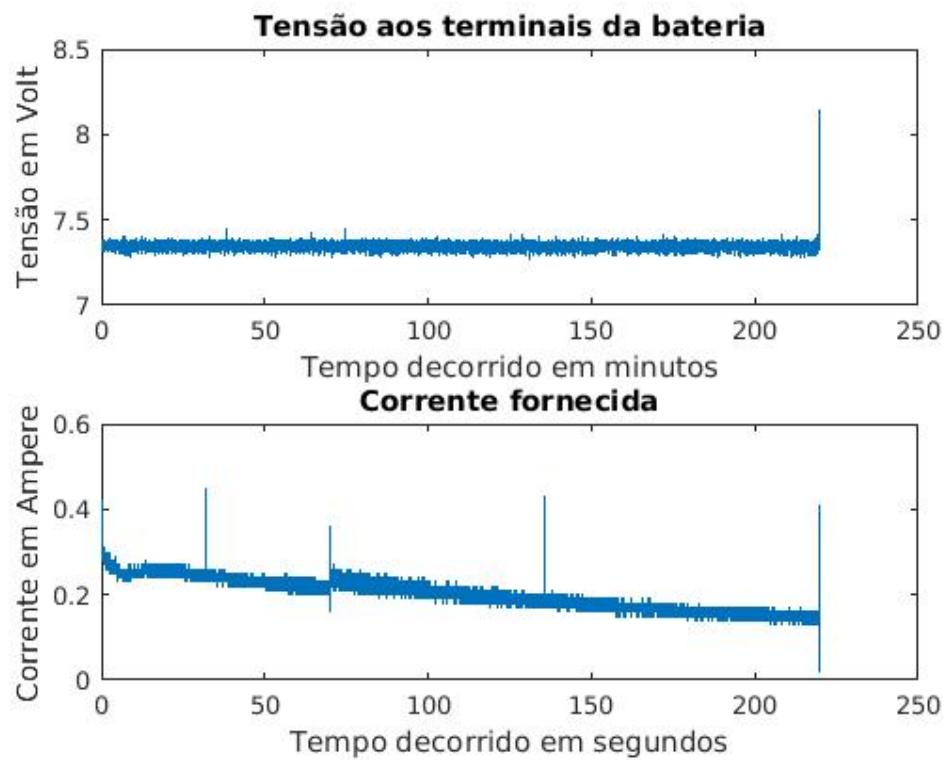


Fig. 8 - Amostragem dos valores de tensão e corrente no segundo passo com tensão máxima da bateria

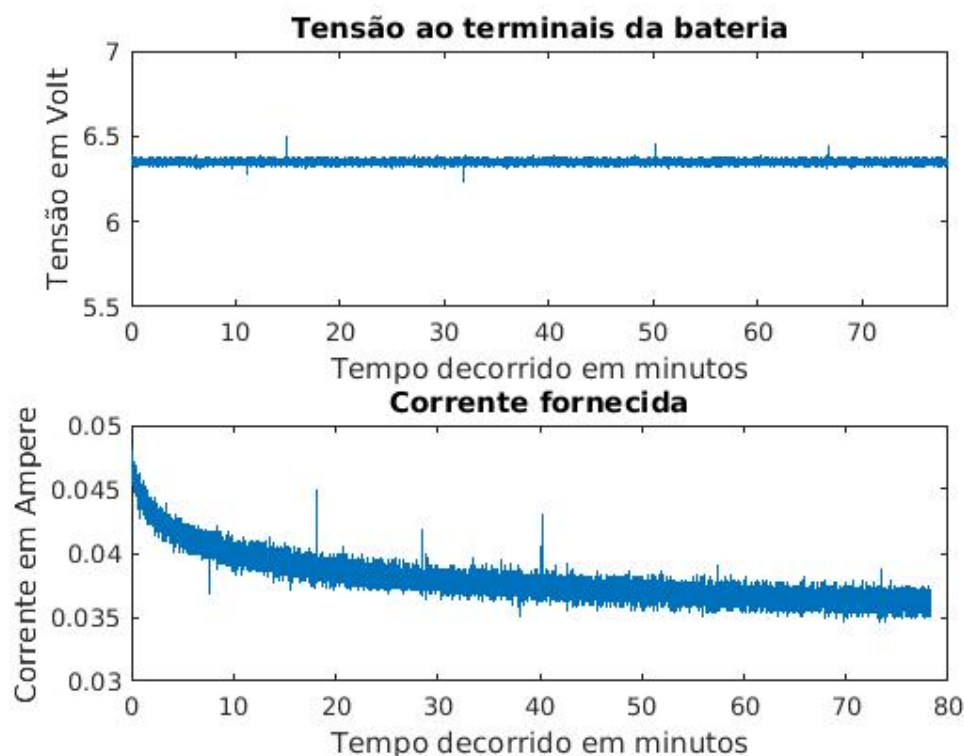


Fig. 9 - Amostragem dos valores de tensão e corrente no último passo (trickle charge) do carregamento de uma bateria de 6V (tensão nominal)

Calibração da leitura de tensões

PWM na Base	Vout (medido em LOAD = 220hm multi)	Vout (medido em LOAD = 220hm osciloscópio)	Vout Medido pela PIC			
10,00%	1,18 V		1,12	0,21		
20,00%	3,14 V		3,05	0,635		
30,00%	5,14 V		5,08	1,065		
40,00%	7,13 V		7,02	1,5		
50,00%	9,12 V		9,16	1,93		
60,00%	11,1 V		11,1	2,365		
70,00%	13,05 V		13,1	2,8		
80,00%	15,04 V		15,1	3,235		
90,00%	17,03 V		17,max sat			
100,00%	19 V		18,9,max sat			
		Vout ajustado com b e x	diferença entre vout ajustado e vout medido			
1,12		1	1,125	0,005	0,43%	
1,545		1,97411003236246	3,084	0,034	1,12%	
1,975		2,57215189873418	5,066	0,014	0,27%	
2,41		2,91286307053942	7,072	0,052	0,74%	
2,84		3,22535211267606	9,054	0,106	1,16%	
3,275		3,38931297709924	11,059	0,041	0,37%	
3,71		3,53099730458221	13,065	0,035	0,27%	
4,145		3,64294330518697	15,070	0,030	0,20%	
0,91		2,78096633764757	media de erros:	0,040	0,23%	
			erro max:	0,10595999999998	1,16%	
B=	0,034					
X=	4,61					

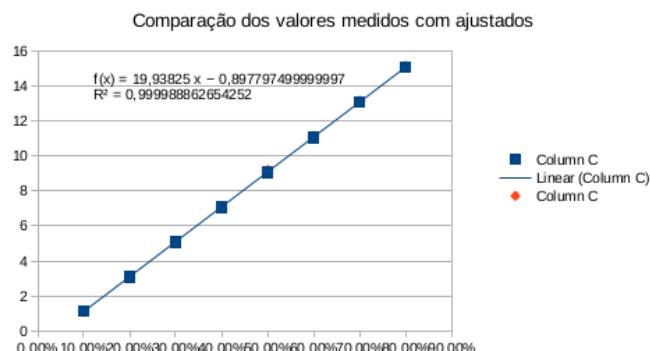
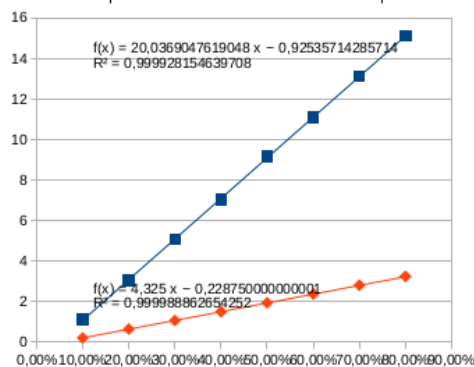


Fig. 10 - Calibração dos valores da leitura de tensões por software

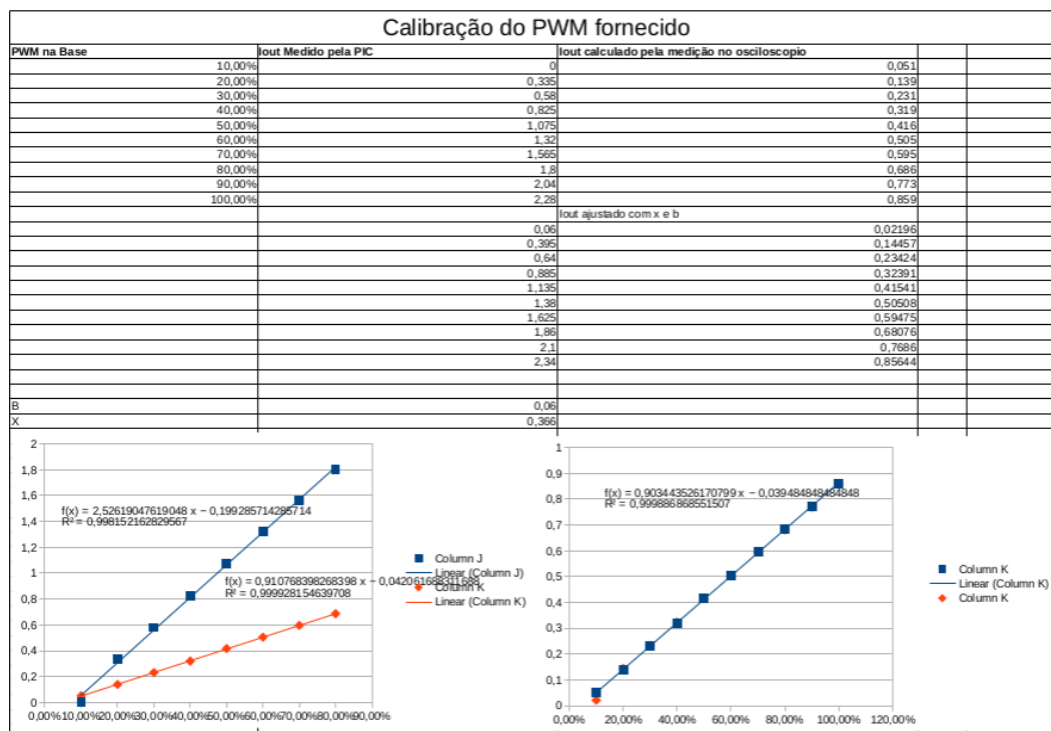


Fig. 11 - Calibração dos valores de PWM por software

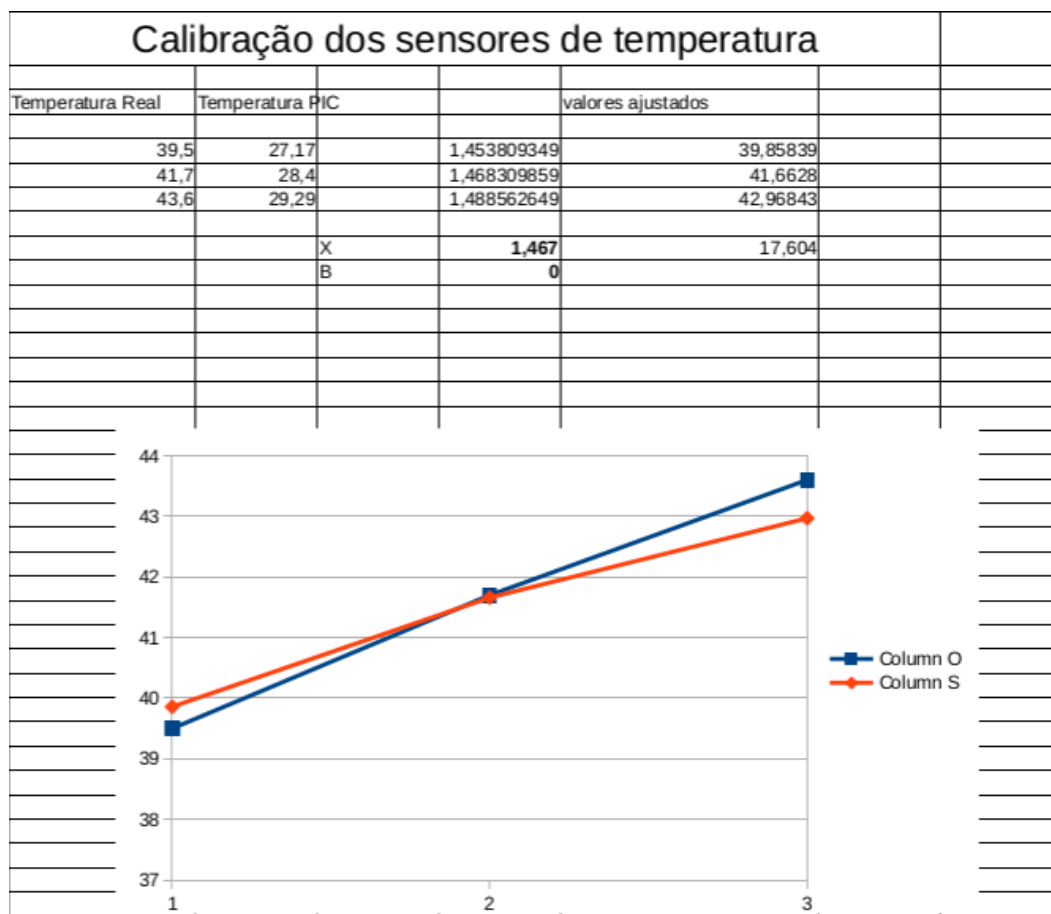


Fig. 12 - Calibração dos sensores de temperatura por software