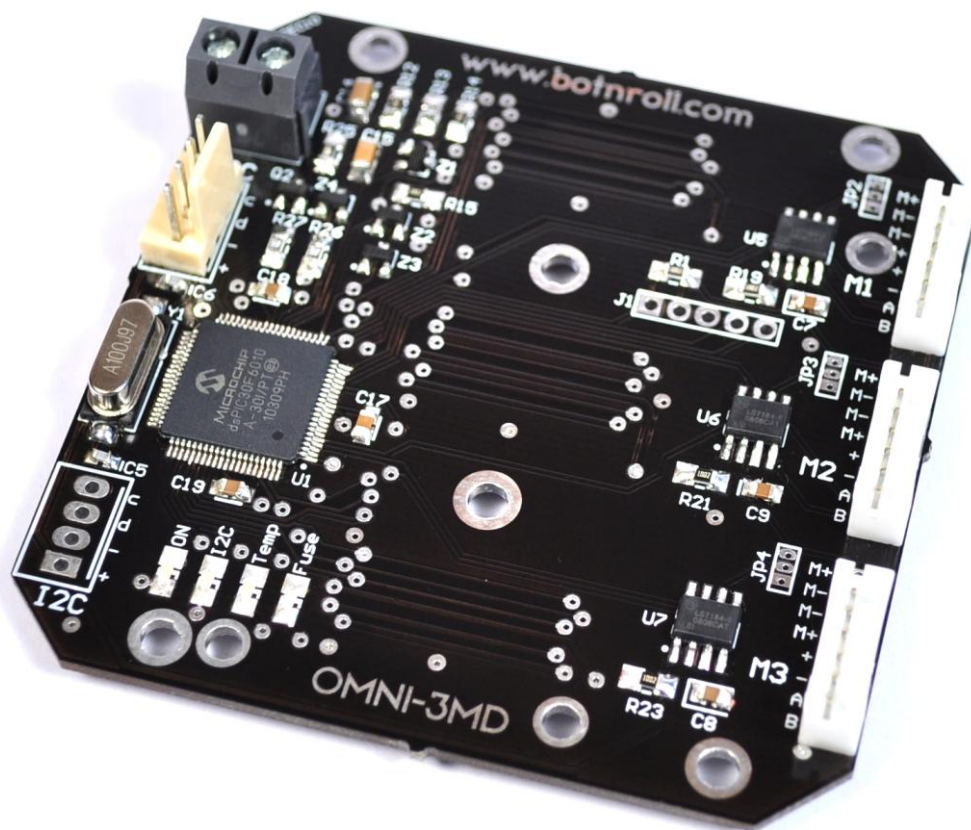


OMNI-3MD



Placa Controladora de 3 Motores

Especificações:

- Controlo em malha fechada de 3 motores DC
- Comunicação I2C
- Alimentação dos motores 7~24VDC
- Alimentação do controlo 5VDC (barramento I2C)
- Corrente máxima por motor 4A
- Protecção de corrente por fusíveis auto-rearmáveis
- Monitorização de Temperatura e corte térmico
- Monitorização da tensão de alimentação dos motores
- Furação para encaixe directo do Arduino UNO e MEGA
- Processador de 16bits a 40MHz

Visão Geral

A OMNI-3MD é um dispositivo I2C SLAVE capaz de movimentar 3 motores DC 12V a 24V e correntes até 4A por motor. Usando encoders, efectua a movimentação dos motores com controlo em malha fechada PID. Um processador dsPIC de 16bits a 40MHz permite vários modos de movimentação dos motores, nomeadamente:

- Movimentação Omnidireccional de 3 motores com/sem controlo PID.
- Movimentação linear de 3 motores com/sem controlo PID.
- Movimentação posicional de 3 motores com controlo PID.

A comunicação com a placa é efectuada através do barramento I2C e o uso de comandos permite o acesso a todas as funcionalidades da OMNI-3MD.

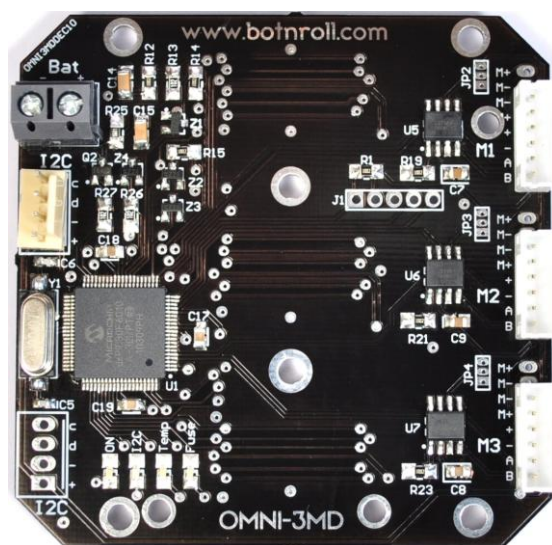
Um conjunto de LEDs fornece ao utilizador informação sobre o estado dos principais parâmetros da OMNI-3MD.

Circuitos de medição da temperatura e tensão da bateria permitem ao utilizador a monitorização destes parâmetros.

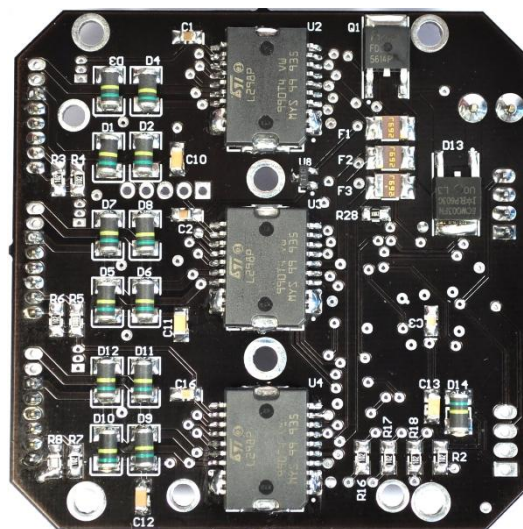
Através de jumpers o utilizador poderá configurar parâmetros de hardware relacionados com encoders.

Uma rotina de **calibração** adquire automaticamente os parâmetros necessários para o controlo em malha fechada PID relacionados com os encoders.

É possível a configuração de diversos parâmetros pelo utilizador de forma a ajustar o sistema às suas necessidades.



OMNI-3MD frente



OMNI-3MD verso

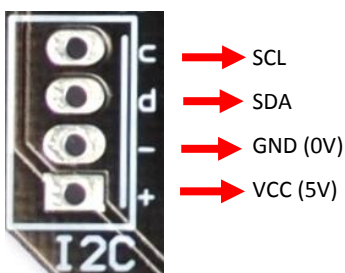
Alimentação

O correcto funcionamento da OMNI-3MD exige que sejam ligadas duas alimentações distintas:

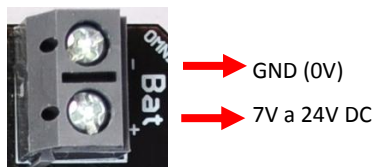
- O **barramento I2C** que alimenta o circuito de controlo.
- O conector **Bat** onde se liga a fonte de energia para os motores.

Ligações

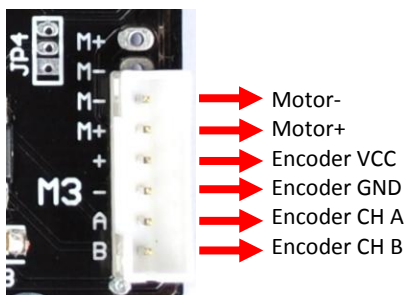
I2C - Ligação do barramento I2C para comunicação e alimentação do circuito de controlo:



Bat - Alimentação dos motores:



M3 - Ligação do Motor 3 e Encoder 3:



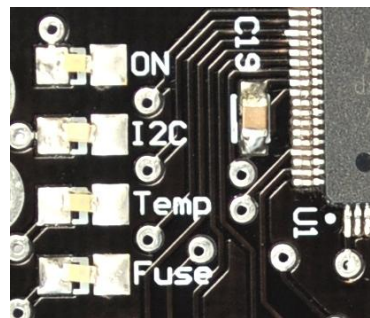
M2: Ligação do Motor 2 e Encoder 2

M1: Ligação do Motor 1 e Encoder 1

LEDs

A presença de quatro LEDs permite ao utilizador a monitorização dos principais parâmetros da OMNI-3MD.

ON: LED de cor verde. Fornece indicação sobre o estado da alimentação do circuito de controlo. LED aceso indica que a OMNI-3MD está alimentada.



I2C: LED de cor amarela. Monitorização de actividade no barramento I2C e “pisca” sempre que uma trama I2C é correctamente recebida. O LED acende assim que é recebida uma trama válida e apaga após a execução da instrução nela contida.

Temp: LED de cor vermelha. Monitorização da temperatura da placa OMNI-3MD. Sempre que a temperatura excede os 80°C é cortada a alimentação aos motores e o LED acende. Assim que a temperatura descer dos 60°C é reposta a alimentação aos motores e o LED apaga.

Fuse: LED de cor vermelha. Monitorização do estado dos fusíveis rearmáveis. Este LED acende quando se verifica uma das seguintes situações:

- O dispositivo ligado ao conector **Bat** não fornece energia aos motores.
- Um ou mais fusíveis “cortaram” devido a corrente excessiva no circuito de alimentação dos motores.

Enquanto este LED está aceso é cortada a alimentação aos 3 motores. Será necessário desligar o sistema, repor a situação anómala e voltar a ligar.

Jumpers

Os jumpers JP2, JP3 e JP4 permitem configurar a resolução dos pulsos em quadratura dos encoders que são fornecidos ao sistema de controlo. Por defeito, a OMNI-3MD está configurada para a resolução máxima ou seja, o controlo recebe 4 vezes o número de pulsos fornecidos pelos encoders. Se necessário, esta resolução pode ser alterada para 2x ou 1x.

Tendo como exemplo JP4, as opções de configuração são as seguintes:



4x o número de pulsos fornecido pelo encoder ligado em M3.
(Pino do centro não conectado)



2x o número de pulsos fornecido pelo encoder ligado em M3.
(Pino do centro a VCC)



1x o número de pulsos fornecido pelo encoder ligado em M3.
(Pino do centro a GND)

Modos de movimentação

A OMNI-3MD possibilita a movimentação de 3 motores em vários modos. A utilização de encoders permite a movimentação dos motores com controlo em malha fechada PID.

Movimentação Omnidireccional de 3 motores

Este modo pressupõe a utilização de 3 motores, de preferência iguais, dispostos com ângulos de 120º entre eles e permite o movimento de uma plataforma em qualquer direcção. No comando de movimentação omnidireccional é enviada a direcção, velocidade linear e velocidade angular. A OMNI-3MD efectua todos os cálculos necessários e procede à movimentação omnidireccional. É aconselhável a utilização de encoders neste tipo de movimentação.

Movimentação linear de 3 motores

A movimentação linear permite a movimentação de um determinado motor de forma independente através do envio do número do motor, sentido de movimentação e velocidade. A movimentação de 3 motores simultaneamente também é possível utilizando o comando I2C específico. A utilização de encoders na movimentação linear permite o controlo em malha fechada PID do movimento dos motores.

Movimentação posicional de 3 motores

Este modo de movimentação exige a utilização de encoders para o posicionamento dos motores num determinado valor de 0 a 65535 de uma variável de posicionamento. A cada motor está associado um contador com prescaler configurável e um sistema de preset de posição. O utilizador deverá configurar o prescaler de cada contador com o valor que servir melhor a sua aplicação. São permitidos valores de prescaler 1, 10, 100, 1000, 10000.

Para se efectuar uma movimentação posicional de um determinado motor poderá inicializar-se o contador associado com o valor de preset entre 0 e 65535. De seguida, indica-se qual o motor a movimentar, o número de contagens desejado, sentido e velocidade que se efectuará a movimentação. O motor pára quando for alcançada a posição desejada. A paragem pode ser com ou sem torque. A movimentação no sentido CW (clockwise) fará incrementar a contagem dos encoders. No sentido CCW (counter-clockwise) a contagem decrementa. O overflow do contador será gerido pelo utilizador.

Comunicação I2C

A OMNI-3MD está configurada por defeito com o endereço I2C de 7bits 0x18 e recebe dados do barramento I2C enviados a 100kHz ou 400kHz. Responde ao endereço de “broadcast” 0x00. A comunicação com a OMNI-3MD efectua-se por tramas enviadas para o barramento I2C e podem ser de escrita ou de leitura. Uma trama é constituída por vários bytes, de uma forma geral respeita o seguinte formato:

ADDRESS	W/R	COMMAND	BYTE1	BYTE2	BYTE3	BYTE4	BYTE5	...	BYTEn
0x18	W=0		Data Bytes						

ADDRESS: É o campo do endereço I2C. Este primeiro byte contém os 7bits do endereço I2C e o oitavo bit, o menos significativo, define se a trama é de escrita ou de leitura. Se o bit menos significativo do campo endereço for 0 (zero), a trama é de escrita e o valor do byte é 0x30. Se o bit for 1 a trama é de leitura e o valor do byte é 0x31.

COMMAND: É o campo do comando I2C. O comando especifica a acção que a OMNI-3MD terá que efectuar. Existe uma listagem de todos os comandos para interacção com a OMNI-3MD apresentada no tópico **Comandos I2C** deste manual.

Data Bytes: São os bytes de dados associados a cada comando I2C. Estes bytes são especificados no tópico **Comandos I2C** deste Manual.

Alguns comandos estão associados a duas “**chaves**”, bytes 0xAA e 0x55. Estas chaves têm a finalidade de aumentar a complexidade da trama e assegurar a fiabilidade da comunicação.

Comandos I2C

Comandos de escrita I2C

Estes comandos não estão associados a uma resposta no barramento I2C por parte da OMNI-3MD.

O bit menos significativo do campo endereço a 0 classifica as tramas como sendo de escrita.

Paragem dos motores:

0x18	0	0xFC	0xAA	0x55
0x30				

Os motores param livremente sem ser aplicado qualquer binário.

Calibração:

0x18	0	0xFB	0xAA	0x55
0x30				

A recepção do comando de calibração inicia a rotina de calibração. Este procedimento tem uma duração aproximada de 2 minutos e só faz sentido num sistema com encoders. O robô rodará sobre ele e é aconselhável que seja efectuada sempre que houver alteração na massa do robô ou se houver alteração uma alteração significativa na tensão de alimentação (ex.: baterias com um número de células diferente). A calibração deverá ser efectuada no solo, num local que tenha uma área 2mx2m e nunca em cima de uma mesa. O LED amarelo, (I2C) muda de estado indicando progresso na calibração.

Numa primeira fase, é obtida a contagem máxima dos pulsos dos encoders à velocidade máxima, para um ciclo de controlo. Este procedimento é efectuado 3 vezes, uma para cada motor.

Numa segunda fase, é obtida a curva característica de cada motor e estes dados são usados pelo controlo de forma a linearizar a resposta de cada motor aos comandos de movimentação.

A rotina de calibração define também a taxa a que o controlo será efectuado. Dependendo dos encoders será escolhida uma das três taxas de controlo possíveis: 40x, 20x e 10x por segundo.

Os parâmetros obtidos são armazenados na EEPROM do IC e alguns podem ser acedidos pelo utilizador com o comando I2C respectivo.

Durante a calibração a OMNI-3MD não responde a comandos I2C, logo não é possível interromper esta operação.

Nota: Numa plataforma omnidireccional, deverá verificar-se que a rotação dos motores se efectua no sentido CW (sentido dos ponteiros do relógio) durante a calibração. Se a rotação se efectuar no sentido CCW é necessário **definir o sentido CW** (comando **0xF3**) e efectuar nova calibração.

Movimento Omidireccional com controlo PID:

0x18	0	0xFA	Velocidade Linear	Velocidade Angular	Direcção_High byte	Direcção_Low byte
0x30			0 - 100	0 - 100 - 200	0 - 360 (Direcção 16 bits)	

Movimento Omidireccional sem controlo PID:

0x18	0	0xF9	Velocidade Linear	Velocidade Angular	Direcção_High byte	Direcção_Low byte
0x30			0 - 100	0 - 100 - 200	0 - 360 (Direcção 16 bits)	

A movimentação Omnidireccional requer o envio dos parâmetros: velocidade linear, velocidade angular e direcção.

Velocidade linear: O valor 0 corresponde aos motores parados e 100 à velocidade máxima.

Velocidade Angular: O valor 100 corresponde à não existência de velocidade angular. Valores acima de 100 correspondem a velocidades angulares no sentido CW em que 200 é a velocidade máxima neste sentido. Valores abaixo de 100 correspondem a velocidades angulares no sentido CCW em que 0 corresponde à velocidade máxima no sentido CCW.

Direcção: A direcção varia entre 0º e 359º e como tal, é armazenada numa variável de 16 bits. Esta informação terá que ser enviada em 2 bytes, High byte e Low byte.

Para se efectuar a movimentação omnidireccional com controlo em malha fechada PID é necessário a utilização de encoders e o comando a enviar é o 0xFA. Para movimentação sem controlo PID é enviado o comando 0xF9.

Movimento Linear – 3 motores em simultâneo com PID:

0x18	0	0xF8	Direcção M1	Velocidade M1	Direcção M2	Velocidade M2	Direcção M3	Velocidade M3
0x30			1 / 2	0 - 100	1 / 2	0 - 100	1 / 2	0 - 100

Movimento Linear – 3 motores em simultâneo sem PID:

0x18	0	0xF7	Direcção M1	Velocidade M1	Direcção M2	Velocidade M2	Direcção M3	Velocidade M3
0x30			1 / 2	0 - 100	1 / 2	0 - 100	1 / 2	0 - 100

O movimento linear de 3 motores movimenta os motores em simultâneo e de forma independente. Os seguintes parâmetros terão que ser enviados:

Direcção M1: Direcção da movimentação do motor 1. O valor 1 movimenta o motor no sentido CW e o valor 2 no sentido CCW.

Velocidade M1: Velocidade linear do motor 1. O valor 0 corresponde ao motor parado e 100 à movimentação com velocidade máxima.

Direcção M2: Direcção da movimentação do motor 2. O valor 1 movimenta o motor no sentido CW e o valor 2 no sentido CCW.

Velocidade M2: Velocidade linear do motor 1. O valor 0 corresponde ao motor parado e 100 à movimentação com velocidade máxima.

Direcção M3: Direcção da movimentação do motor 3. O valor 1 movimenta o motor no sentido CW e o valor 2 no sentido CCW.

Velocidade M3: Velocidade linear do motor 1. O valor 0 corresponde ao motor parado e 100 à movimentação com velocidade máxima.

Para se efectuar o movimento linear de 3 motores com controlo em malha fechada PID é necessário a utilização de encoders e o comando a enviar é o 0xF8. Para movimentação sem controlo PID é enviado o comando 0xF7.

Movimento Linear – 1 motor com PID:

0x18	0	0xF6	MotorX	Direcção	Velocidade
0x30			1 - 3	1/2	0 - 100

Movimento Linear – 1 motor sem PID:

0x18	0	0xF5	MotorX	Direcção	Velocidade
0x30			1 - 3	½	0 - 100

A movimentação linear de 1 motor permite a movimentação linear de cada motor de forma independente. Os parâmetros a enviar são os seguintes:

MotorX: O número do motor que se quer mover (1,2 ou 3)

Direcção: Direcção da movimentação do motor. O valor 1 movimenta o motor no sentido CW e o valor 2 no sentido CCW.

Velocidade: Velocidade linear do motor. O valor 0 corresponde ao motor parado e 100 à movimentação com velocidade máxima.

Para se efectuar o movimento linear de 1 motor com controlo em malha fechada PID é necessário que o(s) motor(es) a movimentar esteja(m) munido(s) de encoder(s) e o comando a enviar é o 0xF6. Para movimentação sem controlo PID é enviado o comando 0xF5.

Configuração dos ganhos PID kp, ki e kd:

0x18	0	0xF4	kp_High	kp_Low	ki_High	ki_Low	kd_high	kd_low
0x30			0 - 65535 0.00 – 65.535		0 - 65535 0.00 – 65.535		0 - 65535 0.00 – 65.535	

O comando 0xF4 permite ao utilizador ajustar o controlo PID às suas necessidades:

kp: O ajuste do ganho kp implica o envio de um valor de 16 bits em 2 bytes kp_High e kp_low. O valor enviado entre 0 e 65535 será dividido por 1000 quando recebido pela OMNI-3MD e desta forma, o ganho kp poderá tomar valores entre 0.00 e 65.535. Para se definir um ganho kp de 1 na OMNI-3MD, por exemplo, será necessário enviar o valor 1000.

ki: O ajuste do ganho ki requer o envio de um valor de 16 bits em 2 bytes kp_High e kp_low. O valor enviado entre 0 e 65535 será dividido por 1000 quando recebido pela OMNI-3MD e desta forma, o ganho kp poderá tomar valores entre 0.00 e 65.535.

kd: O ajuste do ganho kd requer o envio de um valor de 16 bits em 2 bytes kp_High e kp_low. O valor enviado entre 0 e 65535 será dividido por 1000 quando recebido pela OMNI-3MD e desta forma, o ganho kp poderá tomar valores entre 0.00 e 65.535.

Definição do sentido de rotação CW:

0x18	0	0xF3	CW	0xAA	CW	0x55
0x30	0 / 1		0 / 1			

Uma correcta definição da rotação no sentido CW (clockwise - sentido dos ponteiros do relógio) é essencial para a movimentação omnidireccional. A correcta movimentação numa dada direcção vai depender do ajuste deste parâmetro. Não estando bem definido, a direcção terá um desfasamento de 180º da desejada. Este comando permite a correcção da rotação da plataforma omnidireccional por software e desta forma não é necessário alterar a alimentação dos motores para correcção deste parâmetro.

CW: Por defeito tem o valor 0. Para inverter será necessário enviar o valor 1. Este valor fica armazenado na EEPROM pelo que só será necessário ajustar uma vez.

A configuração da trama exige que o valor CW seja enviado em dois bytes de dados distintos intercalados pelas “chaves” 0xAA e 0x55.

Nota: Depois de ajustado o sentido CW é necessário proceder a uma calibração.

Alteração do endereço I2C:

0x18	0	0xF2	Novo Endereço	0xAA	Novo Endereço	0x55
0x30						

Este comando permite a alteração do endereço I2C de 7 bits da OMNI-3MD. O novo endereço terá de ser enviado em dois bytes de dados distintos intercalados pelas “chaves” 0xAA e 0x55. O protocolo I2C permite a atribuição de endereços de 7 bits entre 0x08 e 0x77. O endereço 0x00 é o endereço de “broadcast” a que todos os componentes I2C respondem independentemente do seu endereço efectivo.

Configuração do timeout I2C:

0x18	0	0xF1	Timeout T	0xAA	Timeout T	0x55
0x30			0 - 255			

A OMNI-3MD tem implementado um mecanismo de protecção que interrompe o movimento dos motores se a comunicação I2C não se efectuar durante o tempo definido pelo timeout.

Timeout T: A configuração do timeout é efectuada pelo envio de um valor entre 0 e 255.

O valor 0 desactiva o mecanismo de timeout.

Valores entre 1 e 255 serão multiplicados por 100ms após recepção pela OMNI-3MD. Para a configuração de um timeout de 1 segundo, por exemplo, será necessário o envio do valor 10 que corresponderá a 1000ms.

A configuração da trama exige que o valor Timeout T seja enviado em dois bytes de dados distintos intercalados pelas “chaves” 0xAA e 0x55.

Configuração do prescaler dos encoders:

0x18	0	0xF0	Encoder	Prescaler CFG	0xAA	0x55
0x30			1-3	0-4		

Cada encoder tem associado um contador com um prescaler. O prescaler permite alterar a resolução da contagem dos encoders.

Encoder: O encoder a que se refere a configuração: 1, 2 ou 3.

Prescaler CFG: Valores de 0 a 4 para configuração do prescaler.

0 – Prescaler com o valor 1 (desactivado). O contador é incrementado ou decrementado a cada pulso do encoder.

1 – Prescaler com o valor 10. Cada 10 pulsos do encoder correspondem ao incremento de uma unidade do contador.

2 – Prescaler com o valor 100. Cada 100 pulsos do encoder correspondem ao incremento de uma unidade do contador.

3 – Prescaler com o valor 1000. Cada 1000 pulsos do encoder correspondem ao incremento de uma unidade do contador.

4 – Prescaler com o valor 10000. Cada 10000 pulsos do encoder correspondem ao incremento de uma unidade do contador.

Presets de um contador:

0x18	0	0xEF	Encoder nr	Preset Enc High	Preset Enc Low	0xAA	0x55
0x30			1-3		0-65535		

O valor do contador associado a cada encoder pode ser pré-definido pelo utilizador com qualquer valor entre 0 e 65535. Terá que ser enviado em dois bytes visto ser um valor de 16 bits. As “chaves” 0xAA e 0x55 são também enviadas conforme a definição da trama.

Encoder nr: Encoder a que se refere a configuração: 1, 2 ou 3.

Preset Enc High: High byte do valor de 16 bits a colocar no contador do encoder.

Preset Enc Low: Low byte do valor de 16 bits a colocar no contador do encoder.

Movimentação Posicional:

0x18	0	0xEE	Motor	Sentido	Velocidade	Contagem High	Contagem Low	Binário Paragem
0x30			1-3	1/2	0-100		0-65535	0/1

Este comando fará a movimentação de um determinado motor até que este complete o número de pulsos definido no campo **Contagem**. Contagem é um valor de 16 bits que terá de ser enviado em 2 bytes. Para a execução deste comando é necessário que o motor esteja munido de encoder. A movimentação será efectuada com controlo em malha fechada PID.

Um comando de movimentação posicional requer o envio dos seguintes parâmetros:

Motor: Motor a movimentar: 1, 2 ou 3.

Sentido: Sentido do movimento desejado. O valor 1 corresponde à movimentação no sentido CW, e o valor 2, no sentido CCW.

Velocidade: A velocidade desejada para a movimentação. O valor 0 corresponde ao motor parado e 100 à movimentação com velocidade máxima.

Contagem High: High byte do valor de 16 bits da **Contagem**.

Contagem Low: Low byte do valor de 16 bits da **Contagem**.

Binário Paragem: Este parâmetro define se a paragem é efectuada com ou sem binário de paragem.

0 – O motor roda livremente após concluída a movimentação.

1 – O motor trava após concluída a movimentação.

Comandos de leitura I2C

Os comandos de leitura efectuam pedidos de dados à OMNI-3MD. Cada pedido efectuado terá como resposta um byte de dados.

Sempre que se pretende obter um valor de 16 bits, temperatura por exemplo, será necessário efectuar dois pedidos, um para o High byte e um para o Low byte.

Em seguida é necessário concatenar os 2 bytes recebidos para se obter o valor de 16 bits da variável em questão.

Variável de 16bits	
High byte (8bits)	Low byte (8bits)

O bit menos significativo do campo endereço a 1 classifica as tramas como sendo de escrita.

Versão do firmware (parte inteira):

0x18	1	0xFE
0x31		

Versão do firmware (parte decimal):

0x18	1	0xFD
0x31		

O utilizador tem acesso à versão do firmware instalado na sua OMNI-3MD. Dois bytes de dados fornecem essa informação, um byte para a parte inteira e outro para a decimal.

Tensão da bateria (high byte):

0x18	1	0xE4
0x31		

Tensão da bateria (low byte):

0x18	1	0xE3
0x31		

A OMNI-3MD permite que o utilizador efectue a monitorização da tensão da bateria que alimenta os motores. A tensão da bateria está armazenada numa variável de 16 bits, logo, é necessário a leitura de dois bytes. O high byte e low byte devem ser lidos e concatenados para se obter o valor de 16 bits. O utilizador deverá de seguida dividir o valor de 16 bits por 10 de forma a obter o valor correcto da tensão da bateria com uma casa decimal. O valor de 16 bits 125, por exemplo, corresponde à tensão 12,5v.

Temperatura (high byte):

0x18	1	0xE2
0x31		

Temperatura (low byte):

0x18	1	0xE1
0x31		

A temperatura está armazenada numa variável de 16 bits, logo, é necessário a leitura de dois bytes. O high byte e low byte devem ser lidos e concatenados para se obter o valor de 16 bits. O utilizador deverá de seguida dividir o valor de 16 bits por 10 de forma a obter o valor correcto da temperatura com uma casa decimal. O valor de 16 bits 325, por exemplo, corresponde a uma temperatura de 32,5°C.

Calibração limiar encoder 1 (high byte):

0x18	1	0xE0
0x31		

Calibração limiar encoder 1 (Low byte):

0x18	1	0xDF
0x31		

Calibração limiar encoder 2 (high byte):

0x18	1	0xDE
0x31		

Calibração limiar encoder 2 (Low byte):

0x18	1	0xDD
0x31		

Calibração limiar encoder 3 (high byte):

0x18	1	0xDC
0x31		

Calibração limiar encoder 3 (Low byte):

0x18	1	0xDB
0x31		

Na fase inicial da calibração, é adquirido o valor do PWM para o limiar do movimento de cada motor. Este valor varia entre 0 e 1000 sendo que 0 corresponde ao motor parado e 1000 à velocidade máxima. Dividindo por 10, sabemos imediatamente a velocidade necessária para colocar o motor em movimento. A velocidade 100 corresponde ao PWM 1000. Sabendo que qualquer valor de PWM abaixo do limiar não causa a movimentação dos motores, o uso deste parâmetro permite ao utilizador contornar a não linearidade dos motores.

Para cada motor existe uma variável de PWM de 16 bits que terá que ser adquirida pela leitura de dois bytes. Concatenando o high byte e o low byte obtém-se o valor do PWM limiar.

Calibração max encoder 1 (high byte):

0x18	1	0xDA
0x31		

Calibração max encoder 1 (Low byte):

0x18	1	0xD9
0x31		

Calibração max encoder 2 (high byte):

0x18	1	0xD8
0x31		

Calibração max encoder 2 (Low byte):

0x18	1	0xD7
0x31		

Calibração max encoder 3 (high byte):

0x18	1	0xD6
0x31		

Calibração max encoder 3 (Low byte):

0x18	1	0xD5
0x31		

Na fase final da calibração, é adquirido pela OMNI-3MD, o número de contagens máximo de cada encoder, para um ciclo de controlo, com os motores em movimento na velocidade máxima. Estes dados estão disponíveis para o utilizador e são valores de 16 bits. São acedidos pela leitura de dois bytes e concatenando o high byte e o low byte obtém-se o valor de 16 bits correspondente.

Taxa de controlo PID:

0x18	1	0xD4
0x31		

Durante a calibração a OMNI-3MD define a taxa de controlo a efectuar, mediante a leitura dos pulsos dos encoders. Dependendo do número de pulsos obtido dos encoders, o controlo PID será efectuado a uma das seguintes taxas: 10x, 20x ou 40x por segundo.

Nota: O encoder com menos pulsos é o que define a taxa de controlo a ser usada.

A taxa de controlo é obtida pela leitura de um único byte e poderão ser recebidos os seguintes valores:

- 10 - taxa de controlo de 10x por segundo.
- 20 - taxa de controlo de 20x por segundo.
- 40 - taxa de controlo de 40x por segundo.

Posição encoder 1 (high byte):

0x18	1	0xD3
0x31		

Posição encoder 1 (Low byte):

0x18	1	0xD2
0x31		

Posição encoder 2 (high byte):

0x18	1	0xD1
0x31		

Posição encoder 2 (Low byte):

0x18	1	0xD0
0x31		

Posição encoder 3 (high byte):

0x18	1	0xCF
0x31		

Posição encoder 3 (Low byte):

0x18	1	0xCE
0x31		

O utilizador tem acesso à contagem incremental dos encoders que correspondem a uma posição entre 0 e 65536. O valor da posição de cada encoder pode ser acedido pela leitura de dois bytes. Concatenando o high byte e o low byte obtém-se o valor de 16 bits correspondente.