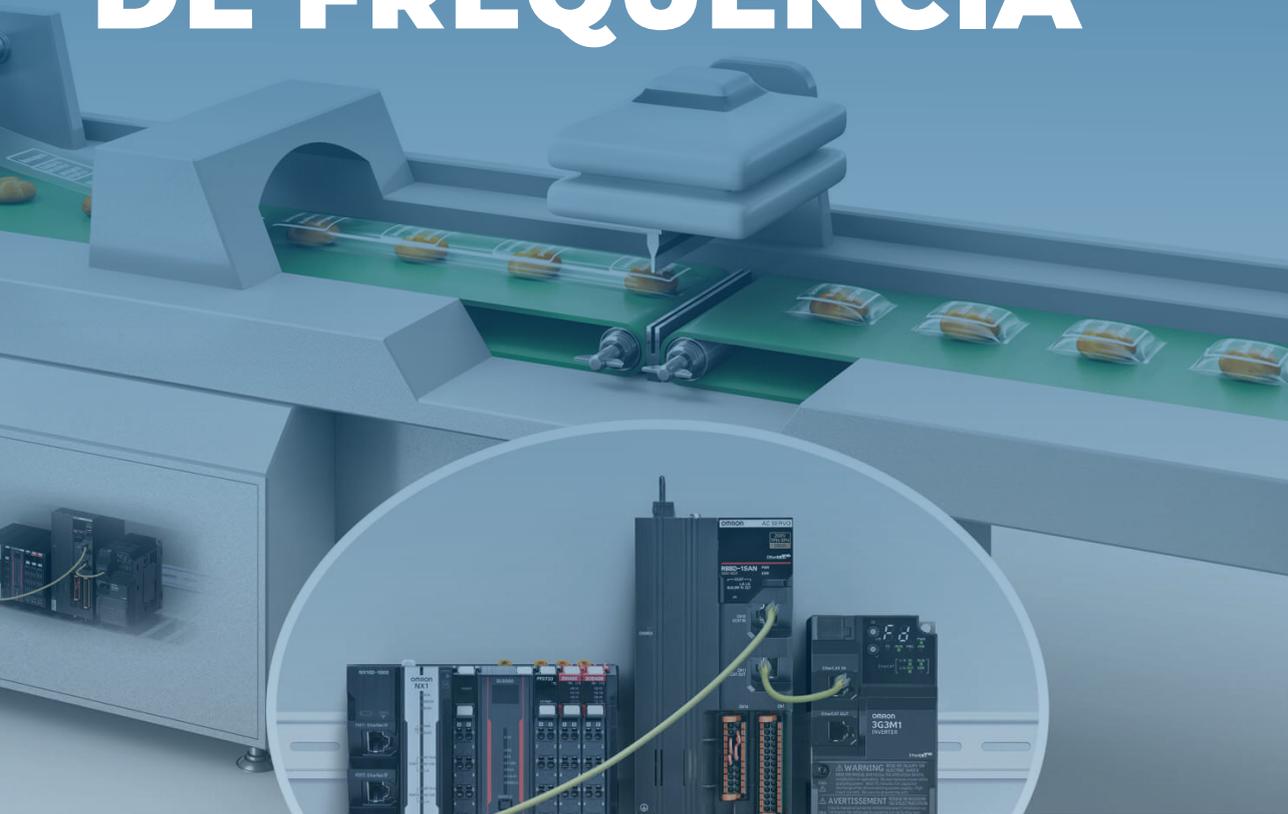


33

**AUTOMAÇÃO, ROBÓTICA
E CONTROLO INDUSTRIAL - INDÚSTRIA 4.0**

VARIADORES DE FREQUÊNCIA



**FILIFE PEREIRA
JOSÉ MACHADO
CARLOS FELGUEIRAS**

**FILIFE PEREIRA
JOSÉ MACHADO
CARLOS FELGUEIRAS**

VARIADORES DE FREQUÊNCIA

AUTORES

FILIPE PEREIRA
JOSÉ MACHADO
CARLOS FELGUEIRAS

TÍTULO

VARIADORES DE FREQUÊNCIA

COLEÇÃO

AUTOMAÇÃO, ROBÓTICA E CONTROLO INDUSTRIAL – INDÚSTRIA 4.0

EDIÇÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 PORTO
Tel: 220 939 053 · E-mail: geral@quanticaeditora.pt · www.quanticaeditora.pt

CHANCELA

Engebook – Conteúdos de Engenharia

DISTRIBUIÇÃO

Booki – distribuidora e livraria técnica
Tel. 220 104 872 . E-mail: info@booki.pt . www.booki.pt

PARCEIRO DE COMUNICAÇÃO

Robótica - Revista Técnico-científica de Automação, Controlo e Instrumentação - www.robotica.pt

REVISÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

DESIGN

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

APOIO

OMRON - <https://omron.pt/pt/home>

IMPRESSÃO

Setembro, 2025

DEPÓSITO LEGAL

548812/25



A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.

Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2025 | Todos os direitos reservados à Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor e do Autor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções específicas.

CDU

681.2 Instrumentação

681.5 Engenharia de Controlo Automático. Tecnologia Inteligente.

ISBN

Papel: 9789899177826

E-book: 9789899177833

Catálogo da publicação

Família: Automação Industrial

Subfamília: Automação Industrial

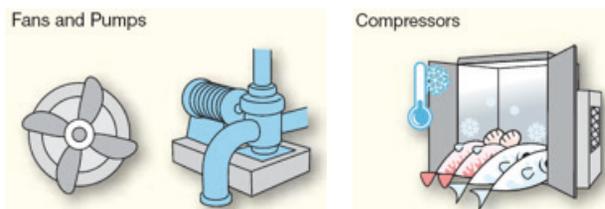


Figura 1.6. EXEMPLOS DE APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DE VARIADORES COM BINÁRIO VARIÁVEL.

Aplicações de binário constante

Neste tipo de situações, o binário da carga não varia com a velocidade. Na figura 1.7. é possível verificar esta afirmação.

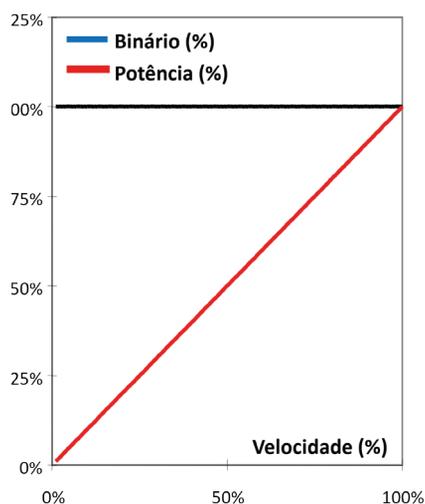


Figura 1.7. GRÁFICO DE VELOCIDADE DE UM MOTOR COM BINÁRIO CONSTANTE.

Neste caso:

- O binário não depende da velocidade;
- A potência varia linearmente com a velocidade;
- Situação típica nos elevadores, guias, cintas transportadoras e alguns compressores.

De seguida na figura 1.8. são apresentadas algumas aplicações industriais de variadores com binário contante.

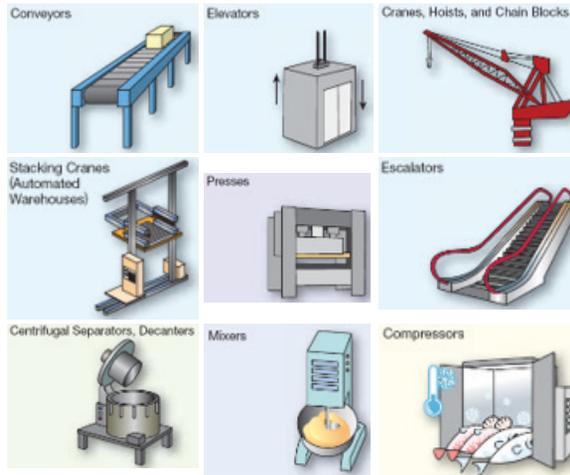


Figura 1.8. EXEMPLOS DE APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DE VARIADORES COM BINÁRIO CONTANTE.

Substituição do arranque estrela-triângulo

Tipicamente, o arranque estrela-triângulo requer um motor 690/400 VAC (ou 400/230 VAC), conforme apresentado na figura 1.9. O objetivo é limitar o pico de corrente no arranque. Inicialmente são aplicados 690 VAC em estrela para que o motor acelere com baixa corrente, conforme esquema da figura 1.10. Passado algum tempo, passa-se para a ligação triângulo, para o seu funcionamento em regime permanente.

W22 Premium		IE3 - 96.5%		21SEP10 1000000000		MOD:TE18F0XDS	
~ [3] FRAME [315S/M-04] IP55		INS.CL. [F] Δt [80 K]		NEMA E11 96.2% 250HP 460V Δ 60Hz 1780 RPM		284 A PFO.85 Des A Code H SF1.15 CC029A	
V-Δ/Y	Hz	kW	min ⁻¹	A	COS φ	W2 U2 W2	W2 U2 V2
380/660	50	185	1485	332/191	0.88	U1 Y1 W1	U1 Y1 W1
400/690	50	185	1490	318/184	0.87	Δ L1 L2 L3	Y L1 L2 L3
415/ -	50	185	1490	310/ -	0.86	- 6319-C3(45g) MOBIL POLYREX EM	
440/ -	60	214	1785	331/ -	0.88	- 6316-C3(34g) 11000 h	
460/ -	60	214	1790	317/ -	0.88	DUTY [S1] AMB. 40°C SF 1.00 Alt 1000 m.a.s.l. WEIGHT 1259 kg	

Figura 1.9. CHAPA DE CARACTERÍSTICAS DE UM MOTOR ELÉTRICO.

Fonte: Weg.

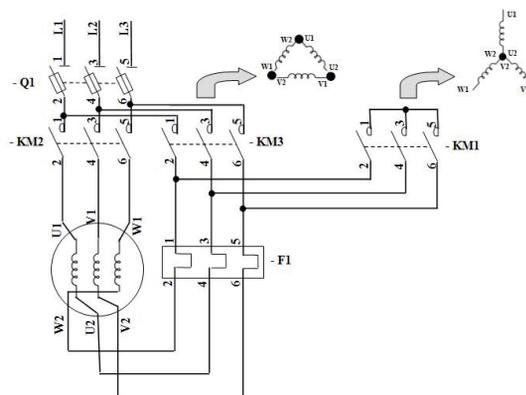


Figura 1.10. ESQUEMA ELÉTRICO DO ARRANQUE ESTRELA-TRIÂNGULO DE UM MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO.

Posto isto, surge a questão: “Como proceder caso se pretenda regular a velocidade, já que este sistema não o faz?” Possivelmente é mais adequado instalar um arrancador suave.

Pode haver necessidade de sobredimensionar o variador para poder fornecer a corrente necessária ao arranque.

Conexão triângulo a 87 Hz

É uma técnica que é aplicada para permitir que a zona de binário constante se mantenha até aos 87 Hz.

Em suma, obtém-se um aumento de cerca de 70% face a um motor de indução *standard*.

É feita uma conexão em triângulo e aplicada uma tensão de 400 V (num motor 400/230 VAC, normalmente com a indicação de possibilidade de trabalhar a 87 Hz). Isto é possível devido ao facto da razão V/F ser mantida até aos 87 Hz.

Deve-se ter em atenção, que o variador a conectar deve ter alimentação de 400 VAC e deve ter potência superior.

Vejamos as figuras 1.11. e 1.12.

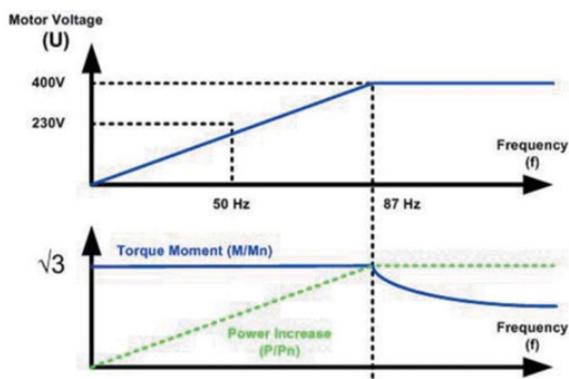


Figura 1.11. GRÁFICO DE ANÁLISE DA APLICAÇÃO CONEXÃO DA LIGAÇÃO EM TRIÂNGULO A 87 Hz.

Lenze Hans-Lenze-Straße-1 31855 Aerzen Germany		fr	Hz	50	60	87	IE1
3-Mot EN60034			kW	3,00	3,00	5,40	S1
GKS09-4M HAR 100C32 1414			V	400	460		Range A:
MDEMABR100-32C0C			Δ	230	265	400	±10%
i=113,320		M2=2.148 Nm	A	7,20	6,30		Iso CLF
n2=22,4 r/min		(87Hz)	Δ	12,50	10,80	12,50	IP55
A 002		CLP 460	r/min	1.430	1.740	2.540	TKO
BRAKE 12N 400V CA 180V CC 40W 46Nm			η %	83,0	85,0	88,0	
03456395			cosφ	0,75	0,73	0,73	
15717305 10000172963358			C 86	1253		1254	
			v % (50Hz):	83,0 (75%),	(50%)		

Figura 1.12. CHAPA DE CARACTERÍSTICAS DE UM MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO PARA ANÁLISE DA POSSÍVEL CONEXÃO EM TRIÂNGULO A 87 Hz.

Posto isto, quais as funções de um variador de frequência?

- Regular a velocidade de um motor elétrico;
- Assegurar a disponibilidade de binário até à frequência nominal;
- Automatizar o sistema;
- Proteger o motor;
- Eficiência energética.



Figura 1.15. VARIADOR DE FREQUÊNCIA MX2 DA OMRON.

1.3. Arquitetura interna

Funcionamento de um variador de frequência

De uma forma geral, um variador de frequência possui as seguintes características de funcionamento:

- A tensão aplicada é proporcional à frequência de saída;
- É possível modificar a relação V/F para adaptar a resposta do motor;
- A tensão de saída é um sinal PWM, no entanto, a corrente é aproximadamente uma senoide devido à natureza indutiva do motor.

A figura 1.16. permite ter uma ideia da constituição interna de um variador de frequência.

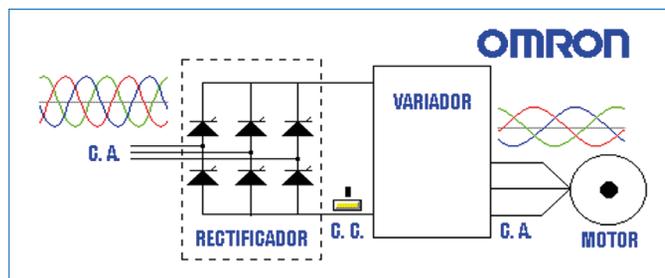


Figura 1.16. CONSTITUIÇÃO INTERNA DE UM VARIADOR DE FREQUÊNCIA MX2 DA OMRON.

De uma forma mais pormenorizada, o funcionamento de um variador de frequência variável começa no **bloco retificador**, responsável pela transformação da corrente alternada (AC) em corrente contínua (DC), conforme está representado na figura 1.17. Num siste-

3.10.2. Parâmetros a modificar

Parâmetro	Descrição	Ajuste
b090	Taxa de utilização da travagem dinâmica	% ciclo
b095	Selecionando a função de travagem dinâmica BRD	O1: Ativado durante a RUN
b096	Nível de ativação do transistor de travagem	Tensão DC
b097	Valor do resistência de travagem ligado	Ω Ohm

Notas:

- b096: Tensão no barramento DC a partir da qual o variador começa a dissipar energia na resistência de travagem. Normalmente, nos variadores com uma alimentação de 400 Vca, o nível de tensão é próximo dos 700 VDC, enquanto nos variadores com uma alimentação de 230 Vca, o nível de tensão é próximo dos 350 VDC;
- b090: O acionamento controla o tempo efetivo durante o ciclo de trabalho (percentagem de tempo em que a travagem está ativa em relação ao tempo total do ciclo).

Nota: O valor máximo deste parâmetro pode ser reduzido em função do valor da resistência de travagem selecionado no parâmetro b097.

No gráfico da figura 3.26., o exemplo mostra três utilizações da travagem dinâmica num período de 100 segundos. A unidade calcula a percentagem média de utilização durante esse período (T%). A percentagem de utilização é proporcional ao calor dissipado. Se T% for superior à configuração do parâmetro b090, o variador gera a falha E06 (proteção de sobrecarga da resistência de travagem) e desativa a saída do variador.

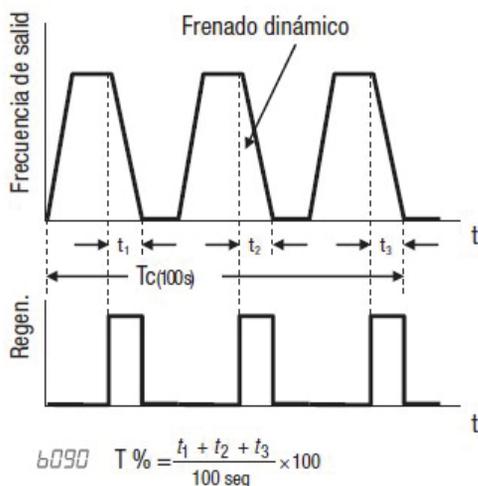


Figura 3.26. DIAGRAMA DE CONEXÕES DA RESISTÊNCIA DE FRENAGEM NO CONTROLO DE TRAVÃO.

Quando b090 está definido para 0%, a travagem dinâmica não é realizada.

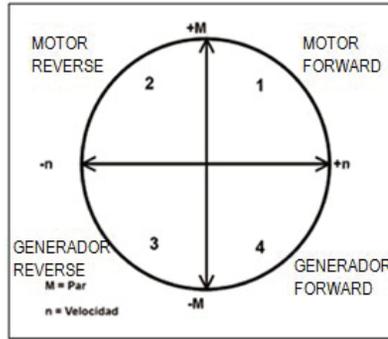


Figura 3.28. QUATRO QUADRANTES EM QUE UM MOTOR PODE TRABALHAR.

Para utilizar limites de binário, o variador deve ser ajustado para o controlo SLV.

O variador MX2 permite que esta função seja ativada utilizando entradas digitais, parâmetros internos ou entradas analógicas.

3.12.2. Parâmetros a modificar

Parâmetro	Descrição	Ajuste
A044	Seleção da característica V/f	03: SLV (Controlo Vetorial de Malha Aberta)
B040	Selecionando o modo de limite de binário	00: Quatro quadrantes 01: Comutação de entrada digital 02: Entrada analógica 03: Cartão opcional
B041	Limite de binário para a frente (primeiro quadrante)	De 0 a 200%
B042	Limite de binário do gerador de avanço (terceiro quadrante)	De 0 a 200%
B043	Limite de binário inverso (segundo quadrante)	De 0 a 200%
B044	Limite de binário do gerador inverso (quarto quadrante)	De 0 a 200%

A função de limite de binário permite que a saída do motor seja limitada quando o modo de controlo do motor (parâmetro A044) está definido para 03 (SLV).

3.14.3. Processo de arranque

Para inicializar a unidade, siga os seguintes passos:

- Selecione o modo de arranque no parâmetro b084;
- Selecione os dados iniciais no parâmetro b085;
- Defina os dados de destino para inicialização no parâmetro b094;
- Defina o parâmetro de disparo de arranque b180 = 01 e prima a tecla *Enter* para iniciar o arranque;
- O seguinte ecrã aparecerá durante alguns segundos, finalizando a inicialização quando o parâmetro d001 for apresentado:

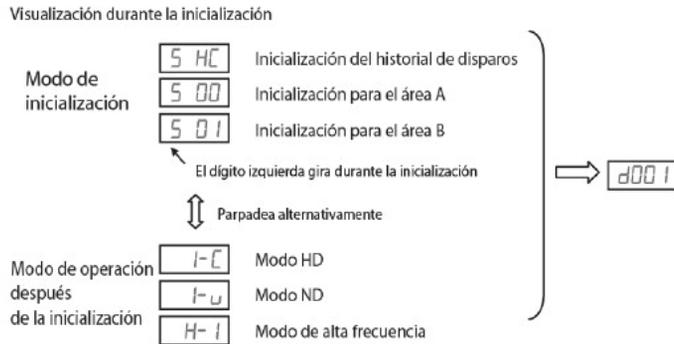


Figura 3.29. ECRÃ QUE APRESENTA A FINALIZAÇÃO DA INICIALIZAÇÃO QUANDO O PARÂMETRO D001 FOR APRESENTADO.

3.15. Controlo de velocidade por sequência de impulsos

3.15.1. Introdução

Esta nota de aplicação detalha a configuração para executar o controlo de referência de frequência do variador utilizando a frequência de um sinal de impulsos.

A referência de velocidade será proporcional à frequência do sequência de impulsos introduzido pelo terminal [EA].

3.15.2. Bloco de conexões externas do variador

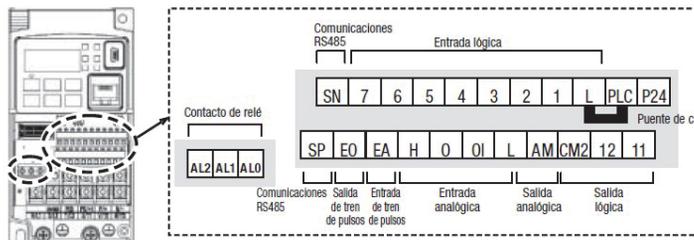


Figura 3.30. ESQUEMA DE CABLAGEM TÍPICO DO CONTROLO DE TRAVÃO NO VARIADOR MX2 DA OMRON.

3.20. Segunda função de aceleração e desaceleração

3.20.1. Introdução

Esta nota de aplicação explica brevemente a utilização da segunda função de aceleração e desaceleração proporcionada pelo variador MX2.

Esta característica proporciona flexibilidade ao perfil de movimento do motor, permitindo que o ponto de transição de frequência seja especificado, ou seja, o ponto no qual a aceleração padrão (F002) ou desaceleração (F003) muda para a segunda aceleração (a092) ou desaceleração (a093). Ou utilize uma entrada multifunções [C001 ~ C007] para ativar esta transição.

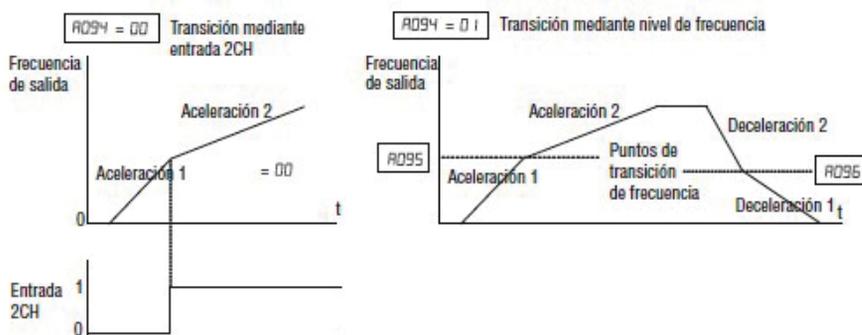


Figura 3.34. COMPARAÇÃO ENTRE A TRANSIÇÃO DE FREQUÊNCIA POR ENTRADA 2CH (R094 = 00) E POR NÍVEL DE FREQUÊNCIA (R094 = 01), DESTACANDO OS DIFERENTES COMPORTAMENTOS DE ACELERAÇÃO E DESACELERAÇÃO NO VARIADOR MX2 DA OMRON.

3.20.2. Parâmetros a modificar

Parâmetro	Descrição	Unidades
A092	Tempo de aceleração 2	Seg
A093	Tempo de desaceleração 2	Seg
F002	Definir o tempo de aceleração	Seg
F003	Definir o tempo de desaceleração	Seg

Para aplicações que necessitem da utilização da segunda função de aceleração e desaceleração através de entrada digital, configure:

C001- C007	Função de entrada [1] - [7]	09: 2 canais
------------	-----------------------------	--------------

Nas aplicações em que a segunda função de aceleração/desaceleração deve ser ativada automaticamente ao passar por um determinado ponto de frequência, deve ser configurado o seguinte:

A094	Frequência para mudança de aceleração	01: Transição por nível de frequência
A095	Frequência para mudança de desaceleração	Hz
A096	Função de entrada [1]- [7]	Hz

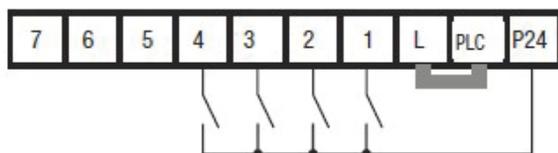


Figura 3.39. ESQUEMA DE LIGAÇÕES DO VARIADOR NOS TERMINAIS DE CONEXÃO EXTERNOS.

- Entrada [3]: UP - Aumenta a velocidade;
- Entrada [4]: DOWN - Diminui a velocidade.

3.30.3. Parâmetros a modificar

Parâmetro	Descrição	Ajuste
A001	Origem da referência de frequência	02: Operador digital
C003	Aumentar a referência de frequência	27: UP (função de controle remoto para cima)
C004	Diminuir referência de frequência	28: DOWN (Função de controle remoto para baixo)

O ponto de regulação da velocidade ajustado através das entradas UP e DOWN será mantido mesmo que o motor esteja parado. Quando o comando de arranque for dado novamente, será seguido o último ponto de regulação atingido (a menos que UP ou DWN tenham sido acionados).

Para realizar um *reset* da referência de frequência, pode ser programada outra entrada digital:

C005	Redefinir potenciômetro motorizado	29: UDC (limpeza de dados do controle remoto)
C104	Modo de limpeza de dados UP/DWN	0: 0 Hz

Desta forma, quando um pulso é recebido na entrada [5], o *setpoint* de velocidade é sobrescrito com um valor zero.

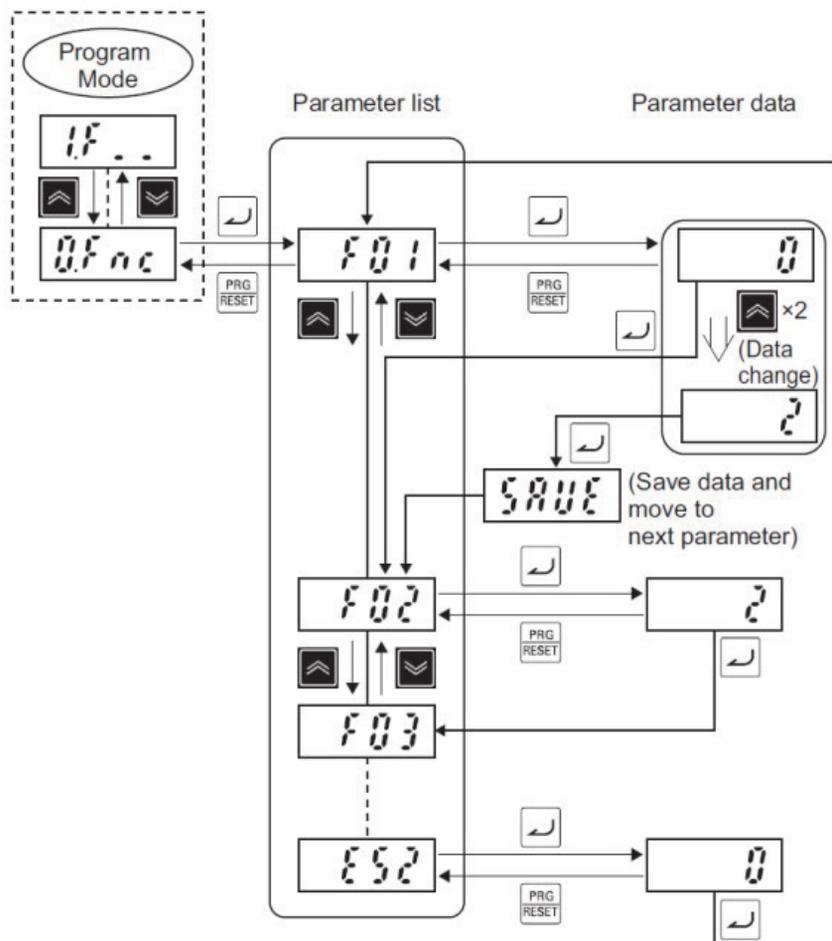
Um valor desejado diferente de 0 Hz pode ser substituído definindo o parâmetro C104 e introduzindo a referência desejada no parâmetro A020.

C104	Modo de limpeza de dados UP/DWN	01: Dados EEPROM
A020	Referência de frequência	Hz

Nota: para que esta nova configuração entre em vigor, a unidade deve ser desligada e ligada novamente.

Além disso, temos o parâmetro C103 para manter ou não o *setpoint* após ocorrer uma falha no variador.

Monitorização e configuração dos parâmetros definidos de utilizador.



5.2.9. Modo Alarme

Menu com a informação detalhada dos últimos seis alarmes desde 0 até 5. Nesse menu, é possível aceder ao menu de cada alarme onde pode monitorizar a informação da frequência de saída, corrente de saída, tempo decorrido desde que ocorreu o alarme, etc.

Transição automática para o modo de alarme quando a função de proteção está ativa e ocorre uma falha correspondente. Visualiza-se o código de alarme e ativa o led "AL".

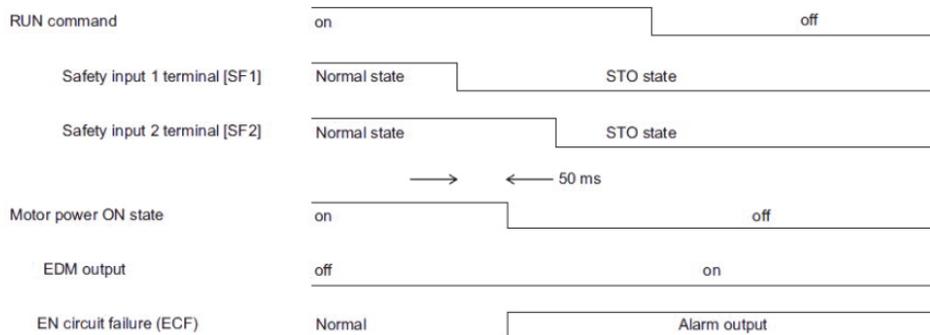
Descrição de operação

Dado	Método de operação
0	<p>Quando se pressiona a tecla RUN no Operador, a rotação é realizada em sentido direto quando se ativa o terminal FW. A rotação em sentido reverso é realizada quando ativa o terminal RV. Quando pressiona a tecla STOP, o movimento é interrompido.</p> <p>Atribua "98: FW (rotação em sentido direto)" e "99: RV (rotação em sentido reverso)" a cada uma das entradas de Seleção de função do terminal de entrada [DI6] (E98) e Seleção de função do terminal de entrada [DI7] (E99). A operação é interrompida quando os terminais FW e RV estão ambos ativados ou desativados.</p>
1	<p>A rotação no sentido direto é realizada quando o terminal FW é ativado, independentemente do estado da tecla RUN no operador digital. A rotação no sentido inverso, é realizada quando o terminal RV é ativado. A operação é interrompida quando os terminais FW e RV estão DESATIVADOS ou ambos estão ATIVADOS.</p> <div data-bbox="494 566 922 775" style="text-align: center;"> <p>The diagram shows the relationship between terminal signals and motor output. The 'Output frequency' line shows a trapezoidal pulse for forward rotation when the 'FW terminal' signal is active and the 'RUN-LED' is on. Similarly, a reverse rotation pulse occurs when the 'RV terminal' signal is active and the 'RUN-LED' is on. The 'Forward' and 'Reverse' lines indicate the direction of rotation during these pulses.</p> </div> <p>Atribua "98: FW (rotação em sentido direto)" e "99: RV (rotação em sentido inverso)" a cada uma das entradas de Seleção de função do terminal de entrada [DI6] (E98) e Seleção de função do terminal de entrada [DI7] (E99). A operação é interrompida quando os terminais FW e RV estão ativados ou desativados.</p> <p>Quando seleciona "1: Sinal externa (entrada digital)" na seleção do comando RUN (F02/E102), é possível configurar a ordem de arranque com a sequência a 3 fios.</p>
2	<p>Quando se pressiona a tecla RUN no operador, roda no sentido direto. Quando se pressiona a tecla STOP, a operação é interrompida.</p>
3	<p>Quando se pressiona a tecla RUN no operador, roda no sentido inverso. Quando se pressiona a tecla STOP, a operação é interrompida.</p>
4	<p>Quando o bit 00: FW no comando de operação (S06) é ativado através da comunicação RS-485, roda no sentido direto. Quando o bit 01: RV é ativado, roda no sentido inverso. Quando ambos estão desativados ou ativados, a operação é interrompida.</p>

Pode-se forçar o comando *RUN* a partir do operador através de uma entrada digital configurada com o valor 35: OPE. Consulte a seção 7-7-2 Função de operador forçado (35: OPE) na página 7-74 do manual de operação

Também é possível forçar a ordem de *RUN* pelos terminais de entrada. Consulte a seção 7-7-3 Função de Forçar *RUN* por bloco de terminais (162: FTM) na página 7-74.

Quando um dos terminais [SF1] e [SF2] desliga e depois ambos os terminais não desligam dentro de 50 ms, ocorre uma falha no circuito EN (código de alarme: ECF).



Quando os terminais [SF1] e [SF2] são ligados a partir de um estado STO, o controlo regressa do estado STO.

- Para garantir que a função de segurança funciona normalmente, avalie todo o sistema de segurança em relação a todos os possíveis fatores de risco;
- A função de segurança não tem como objetivo desligar a entrada ou isolar a saída eletricamente. Certifique-se de desligar a alimentação de entrada para o variador antes de tentar efetuar uma instalação ou manutenção;
- Para a função de segurança, use sempre um cabo com comprimento de 20 m ou menos;
- Para reiniciar o variador após a ativação da função de segurança, siga os passos abaixo. Certifique-se de **DESLIGAR** o comando *RUN* antes de efetuar o *reset* ao equipamento de segurança. O *reset* ao equipamento de segurança com o comando *RUN* a **ON** pode fazer com que o variador reinicie repentinamente;
 - Desligue o comando *RUN*;
 - Rearme o botão de paragem de emergência;
 - Faça *reset* do equipamento de segurança;
 - Após o *reset* do equipamento de segurança, verifique se as entradas dos terminais [SF1] e [SF2] do variador estão ligadas;
 - Ligue o comando *RUN* para reiniciar o variador.
- A configuração da função de *start check* é recomendada para evitar operações repentinas;
- Leva 50 ms ou menos desde a entrada do sinal de segurança até o variador desligar a saída;
- Instale o variador num painel de controlo com classificação IP54 ou superior;
- Se pulsos mínimos forem introduzidos nos terminais [SF1] e [SF2] com base no diagnóstico do PLC de segurança, certifique-se de que a largura do pulso é inferior a 1 ms;

- A discrepância lógica entre os terminais [SF1] e [SF2] com base no atraso do sinal deve ser inferior a 50 ms. Se exceder 50 ms, ocorre uma falha no circuito EN (código de alarme: ECF).

5.8. Alteração de parâmetros protegida por password

5.8.1. Introdução

Este subcapítulo descreve o processo necessário para proteger certos parâmetros do variador de frequência M1, para que não sejam modificados por pessoas não autorizadas.

O variador permite proteção de leitura e escrita, no entanto, nesta nota técnica será apenas abordada a proteção contra a escrita de parâmetros.

5.8.2. Ligação elétrica

Esta proteção não necessita de uma ligação específica nos terminais de controlo.

5.8.3. Lista de parâmetros e ajustes recomendados

Os parâmetros relacionados com a proteção contra a escrita são os seguintes:

Index	Address	Description	Value
E052	30FD	Operator Display Selection	2 : Display all parameters
F000	3000	Operator Protection Function Selection	0 : Disable parameter protection, enable Up/Down keys
H099	3428	Password 2 Setting/Verification	0
H197	34E1	User password 1 Mode selection	0 : Display all, but prevent changes
H198	34E2	User Password 1 Setting/Verification	0
H199	34E3	User Password 1 Setting	0 : Disable

A configuração da *password* e a ativação da mesma (parâmetros H198 e H199, respetivamente) não pode ser efetuada através do Sysmac Studio, sendo necessário utilizar as teclas da consola do variador.

A proteção por *password* não protege os parâmetros E039/A061, E042, E043, E044, E048, E050/A060, E052, C099/E109, assim como os parâmetros de controlo e monitorização de comunicações (grupos de parâmetros S, M, W, X e Z).

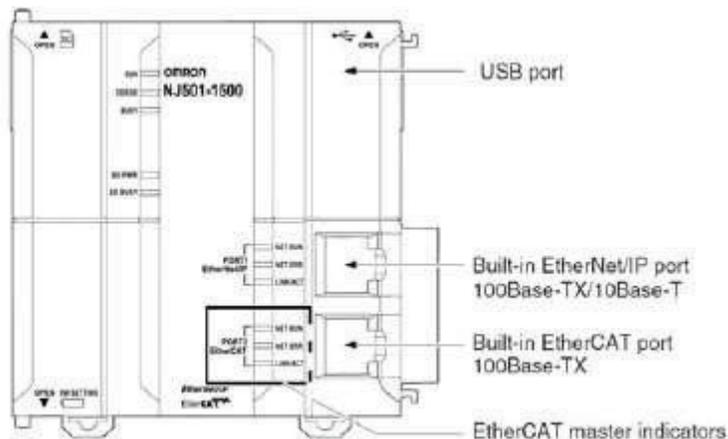
5.8.4. Funcionamento

Uma vez definida a *password* (parâmetro H198) esta não pode ser alterada. Para a desativar será necessário inicializar o variador de frequência (H003=1).

Para definir a *password* deve aceder ao parâmetro H198 e alterar o valor de fábrica ("0000") para um valor distinto.

- Na janela de diálogo exibida, clique em **“Yes”** (Sim) para confirmar;
- Na janela **“Controller Status”** (Estado do Controlador), deve ser exibido o estado **“Run mode”** (Modo de Execução);

• **Verificar os LEDs do Controlador e da Comunicação EtherCAT:**



Label	Name	Color	Status	Meaning
EtherCAT NET RUN	RUN	Green	Lit	EtherCAT communications are in progress. • I/O data is being input and output.
			Flashing	EtherCAT communications are established. Communications is in one of the following states. • Only message communications is functioning. • Only message communications and I/O data input operations are functioning.
			Not lit	EtherCAT communications are stopped. • Power is OFF or the Unit is being reset. • There is a MAC address error, communications controller error, or other error.
EtherCAT NET ERR	ERROR	Red	Lit	There is an unrecoverable error, such as a hardware error or an exception.
			Flashing	There is a recoverable error.
			Not lit	There is no error.
EtherCAT LINK/ACT	Link/Activity	Yellow	Lit	The link is established.
			Flashing	A link is established and data is being sent and received. The indicator flashes whenever data is sent or received.
			Not lit	The link is not established.

- Confirme que a comunicação EtherCAT está a funcionar corretamente através dos LEDs no controlador:
 - [NET RUN]:** Acende-se em verde;
 - [NET ERR]:** Permanece apagado (nenhum erro);
 - [LINK/ACT]:** Pisca indicando atividade na ligação;

- Verificar os LEDs no variador:



Meaning	Color	Status	Description
L/A IN	Green	OFF	Link not established in physical layer
		ON	Link established in physical layer
		Flickering	In operation after establishing link
L/A OUT	Green	OFF	Link not established in physical layer
		ON	Link established in physical layer
		Flickering	In operation after establishing link
RUN	Green	OFF	Init state
		Blinking	Pre-Operational state
		Single flash	Safe-Operational state
		ON	Operational state
ERR	Red	OFF	No error
		Blinking	Communications Setting Error
		Single flash	Synchronization error or communications data error
		Double flash	Application WDT timeout
		Flickering	Boot error
		ON	PDI WDT timeout

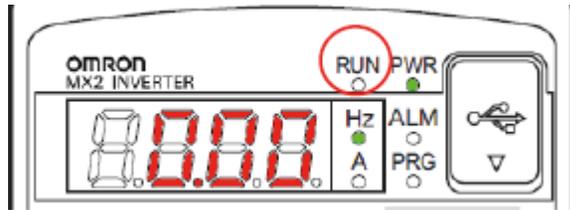
- Certifique-se de que os LEDs do inversor estão no estado correto:
 - [L/A IN]:** Pisca rapidamente (indicando comunicação ativa);
 - [RUN]:** Ligado (verde), indicando que o inversor está em funcionamento;
 - [ERR]:** Apagado (sem erros).

6.1.9. Execução, Paragem e Monitorização da Referência de Frequência

- Verificar o Modo de Monitorização no Sysmac Studio:



- Verificar o LED **RUN** do Inversor:



- Antes de iniciar o comando de execução, certifique-se de que o LED **RUN** do inversor não está aceso e que o visor mostra “0.00”:

- Enviar o Comando de Execução (**Forward Run**):

Name	Online value	Modify	Data type
E001_Command	0000	1	WORD
E001_Frequency_reference	100	100	INT
E001_Status	0200		WORD
_Output_frequency_monitor	0		INT

Command

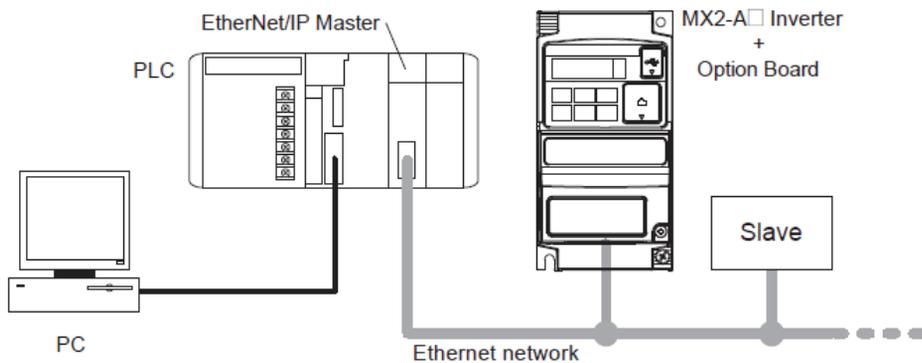
Bit	Name	Meaning
0	Forward/stop	0:Stop 1:Forward command
1	Reverse/stop	0:Stop 1:Reverse command
7	Fault reset	Resets an error or trip for the unit or Inverter.
-	(Reserved)	The reserved area. Set 0.

- Na variável **E001_Command**, insira o valor **1** para enviar o comando de execução para frente (**Forward Run**);
- *Configuração do bit de comando:*
 - Bit 0:** Comando de Avanço/Paragem:
 - **0:** Paragem (**Stop**);
 - **1:** Comando de Avanço (**Forward command**);
 - **Confirmar os Valores das Variáveis:**

Name	Online value	Modify	Data type
E001_Command	0001	1	WORD
E001_Frequency_reference	100	100	INT
E001_Status	1201		WORD
_Output_frequency_monitor	100		INT

O módulo de opção **3G3AX-MX2-EIP-A** não é um dispositivo de segurança e **não** implementa qualquer protocolo de segurança. No entanto, também **não interfere** no funcionamento das funções de segurança dos inversores **MX2**, garantindo que as funcionalidades de segurança permanecem operacionais conforme especificado.

A estrutura de comunicação Ethernet/IP entre MX2 e NJ501 é a seguinte:



Características gerais do módulo de opção 3G3AX-MX2-EIP-A:

	Item	Specification
Installation	Unit type	MX2 Series Option Board
	Model	3G3AX-MX2-EIP-A
	Dimensions (W x H x D)	68 x 58 x 45 mm
	Weight	170g (typical)
Environment	Ambient operating temperature	-10 to 50°C (no icing or condensation)
	Ambient operating humidity	20 to 90%RH
	Ambient storage temperature	-20 to 65°C (no icing or condensation)
	Vibration resistance	5.9 m/s ² (0.6G) at 10...55 Hz
	Dielectric strength	500 VAC (between isolated circuits)
	EMC compliance (CE) and Electrical safety standards	EN61800-3: 2004 (2004/108/EC) Second environment, Category C3 EN61800-5-1: 2007 (2006/95/EC) SELV
	cULus compliance	Documented by UL in file E347728
	Enclosure rating	IP 20
EtherNet Interface	Communications protocol	EtherNet/IP
	Certification	EtherNet/IP Conformance Tested (ODVA)
	EtherNet/IP Profile	AC Drive (0x02)
	Supported connections	Remote I/O: Master-Slave connection COS Cyclic Explicit Messages, UCMM and Class3 Conform to EtherNet/IP specifications Announce-based DLR
	Communications ports	2
	Communication speed	10 and 100 Mbps. Full and half duplex. Auto negotiation (default) or forced speed/duplex.

EtherNet/IP Configuration	Supported Assemblies	Basic Remote IO (Output assembly 20, Input assembly 70) Extended Speed IO (21, 71) Extended Speed and Torque Control (123, 173) Special IO (100, 150) Extended Control IO (101, 151) Extended Control IO and Multi function IO monitor (101, 153) Flexible Format (130, 150) Extended Speed and Acceleration Control (110, 111)
	EDS file	Depending on the MX2-A□ inverter model (see below)

A instalação deste módulo de opção no inversor 3G3MX2 deve ser feita da seguinte forma:

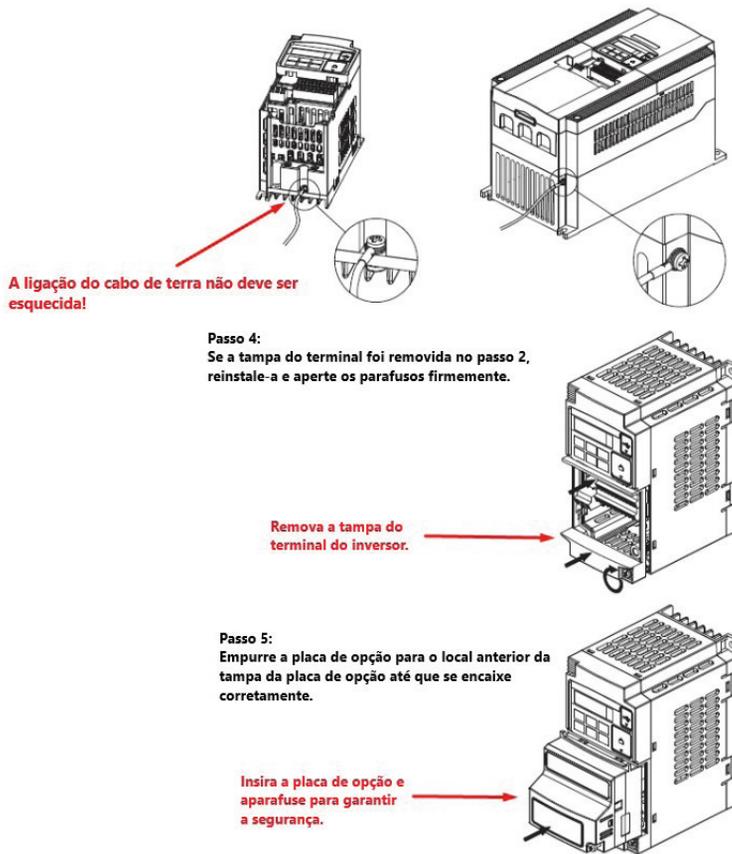
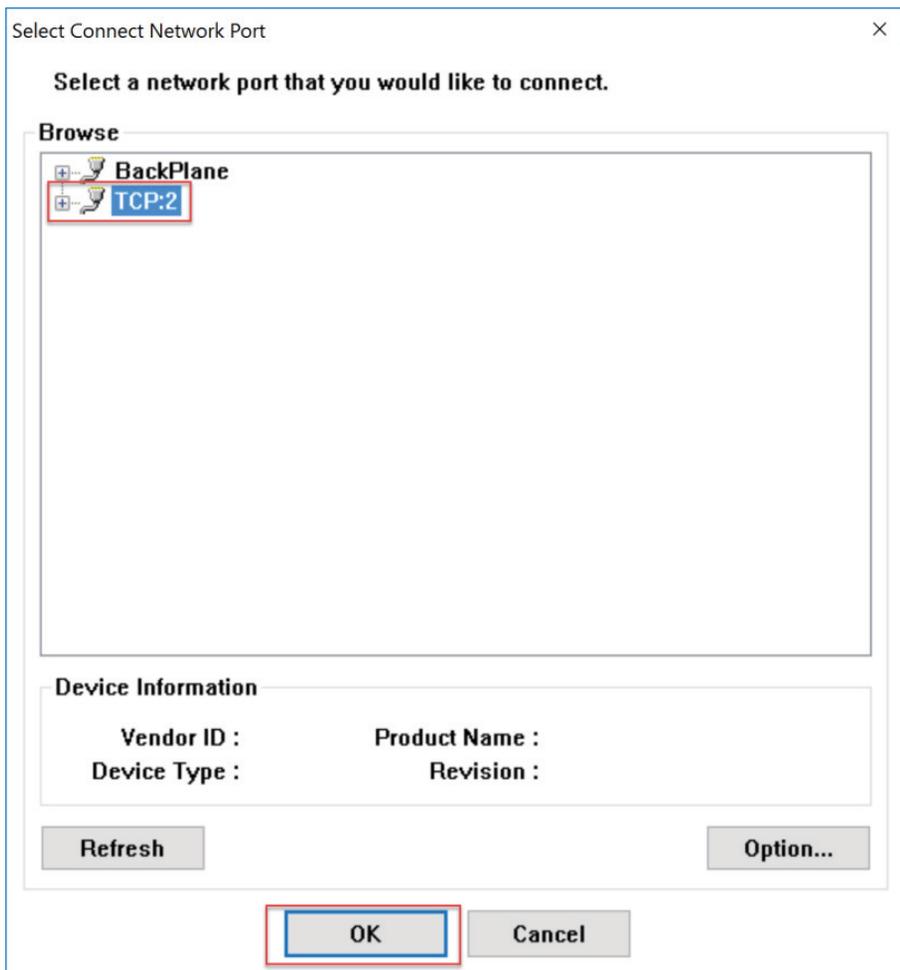


Figura 6.3. INSTALAÇÃO DESTA MÓDULO DE OPÇÃO NO INVERSOR 3G3MX2.

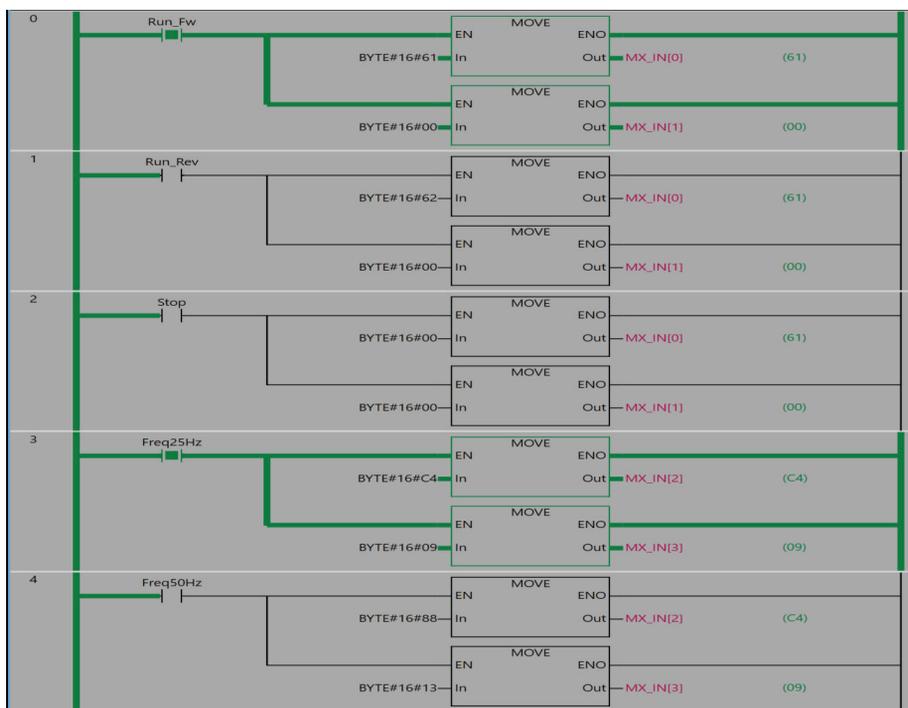


- Na próxima janela que se abrir, escolha a rede **Ethernet/IP** conforme mostrado e clique novamente em **OK**.

No menu **Network > Upload**, a rede é analisada. Os dispositivos na rede devem aparecer com os seguintes endereços:

- **NJ501-1500: 192.168.250.1;**
- **3G3AX-MX2-EIP-A: 192.168.250.2.**

Os comandos de **Run** no sentido **Avanço/Retrocesso** e o comando de **Paragem** podem ser enviados para **MX_IN[0-1]** utilizando a instrução **MOV**.



6.3. Sysmac Studio - Comunicação Modbus RTU entre Inversor M1 e PLCs NJ/NX

6.3.1. Introdução

Neste documento, é explicada a comunicação via protocolo **Modbus RTU** entre o **PLC NJ501-1500** e o novo modelo de inversor **M1**. Na aplicação realizada, foram efetuadas operações de **Start/Stop**, **escrita e leitura de frequência**. Para a comunicação Modbus nestes controladores, é utilizado o módulo **NX-CIF105**. (O uso do **NX-CIF105** também é adequado para os modelos de PLC **NX1P** e **NX102**). Se for preferido o uso do modelo **NX1P**, também podem ser escolhidas as placas de opção **NX1W-CIF11**.

A placa de opção é inserida no **slot** do **NX1P2**. O módulo **NX-CIF105** pode ser montado ao lado do controlador ou utilizado como um módulo de **I/O remoto** (conectando-se ao **NX-ECCxx**). Abaixo estão os módulos de comunicação **NX1W-CIF11** e **NX-CIF105** indicados na imagem.

Comando de Escrita Modbus:

Abaixo é exibido o bloco de escrita de variáveis via **Modbus**.

NX_ModbusRtuWrite

The NX_ModbusRtuWrite instruction sends write commands from a serial port on an NX-series Communications Interface Unit or Option Board to Modbus-RTU slaves using Modbus-RTU protocol.

Instruction	Name	FB/ FUN	Graphic expression	ST expression
NX_ModbusRtuWrite	Send Modbus RTU Write Command	FB		NX_ModbusRtuWrite_instance(Execute, DevicePort, SlaveAdr, WriteCmd, WriteDat, Option, Abort, Done, Busy, CommandAborted, Error, ErrorID, ErrorIDEx);

Descrição das Variáveis Utilizadas nos Blocos:

- i. **Execute:** Bit acionado pela borda ascendente para executar o bloco de função;
- ii. **DevicePort:** Variável que define a porta de comunicação utilizada;
- iii. **SlaveAdr:** Número do **slave-node** do dispositivo escravo na comunicação.

Name	Meaning	Description	Data type	Valid range
DevicePort	Device port	Object that represents a device port	_sDEVICE_PORT	---
DeviceType	Device type	Type of the device to specify	_eDEVICE_TYPE	_DeviceNXUnit _DeviceEcotSlave _DeviceOptionBoard
NxUnit	Specified Unit	NX Unit to control	_sNXUNIT_ID	---
EcotSlave	Specified slave	EtherCAT slave to control	_sECAT_ID	---
OptBoard	Specified Option Board	Option Board to control	_sOPTBOARD_ID	---
Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	---
PortNo	Port number	Port number 1: Port 1 2: Port 2	USINT	Depends on data type.

6.3.6. Estrutura do DevicePort

- **DeviceType:** Utilizado para definir o módulo de comunicação. Pode ser configurado de três maneiras diferentes, dependendo da aplicação:
 - Nesta configuração, como é utilizado o módulo **NX-CIF105**, define-se como **_DeviceNXUnit**;
- **NXUnit:** Define o módulo **NX** configurado;
- **PortNo:** Seleciona a **primeira** ou **segunda porta** do **NXUnit**.

Nota:

- Se fosse utilizada a **option board NX1W-CIF11** com o **NX1P2**, o **DeviceType** seria definido como **_DeviceOptionBoard**;
- **OptBoard:** Define a **option board** configurada;
- **PortNo:** Refere-se ao **slot** onde a **option board** está instalada.

Definição das Variáveis ReadCmd:

As variáveis **ReadCmd** são definidas da seguinte forma:

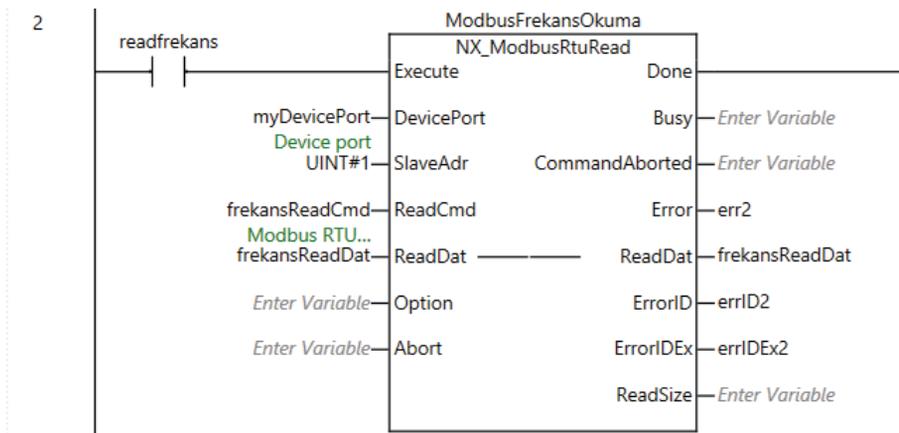
- Primeiramente, define-se a **função de leitura**;
- Em seguida, especifica-se o **endereço a ser lido** e o **tamanho dos dados**.

```
//CIKIS FREKANSI OKUMA
```

```
frekansReadCmd.Fun:=_MDB_READ_HOLDING_REGISTERS;  
frekansReadCmd.ReadAdr:=16#5247; // M1 CIKIS FREKANSI OKUMA MODBUS ADRESİ  
frekansReadCmd.ReadSize:=16#0001;  
|
```

Exemplo de Uso dos Comandos ModbusRead:

Após a definição das variáveis, os comandos **ModbusRead** podem ser utilizados conforme mostrado abaixo.



No bloco **NX_ModbusWrite**, o comando “**frekansCmd**” é uma variável do tipo **struct**.

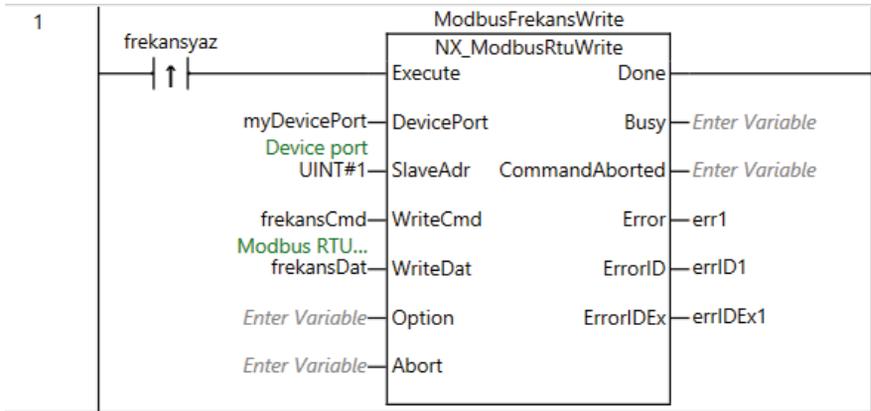
- **Fun:** Define a função de escrita. Pode ser definida como **_Mdb_WriteSingleCoil** ou **_Mdb_writeSingleRegister** para ler **Coils** ou **registros**;
- **WriteAdr:** Insere-se o endereço onde os dados serão escritos;
- **WriteSize:** Especifica o tamanho dos dados a serem escritos. Varia conforme a função utilizada, podendo ser definida como uma **word** ou uma **matriz do tipo word**.

Após definir as variáveis, os comandos **ModbusWrite** podem ser utilizados conforme mostrado abaixo:

```
//FREKANS KOMUTU YAZMA
```

```
frekansCmd.Fun:=_MDB_WRITE_SINGLE_REGISTER;  
frekansCmd.WriteAdr:=16#5006; //M1 FREKANS YAZMA MODBUS ADRESİ  
frekansCmd.WriteSize:=16#0001;
```

- Finalmente, para o processo de **RUN**, o comando **"myWriteCmd"** utilizado no bloco **NX_ModbusWrite** é uma variável do tipo **struct**;



- Foi utilizado o código de função **_MDB_WRITE_SINGLE_COIL**.

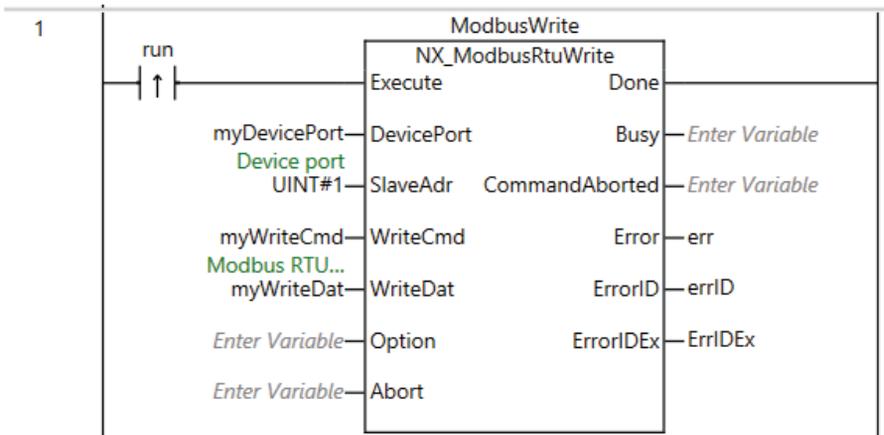
```
// RUN KOMUTU GONDERME
myWriteCmd.Fun:=_MDB_WRITE_SINGLE_COIL;
myWriteCmd.WriteAdr:=16#0000; //M1 RUN COIL ADRESİ
myWriteCmd.WriteSize:=16#0001;
```

Fun; a função *write* está definida. *_Mdb_WriteSingleCoil* para escrever em Coil

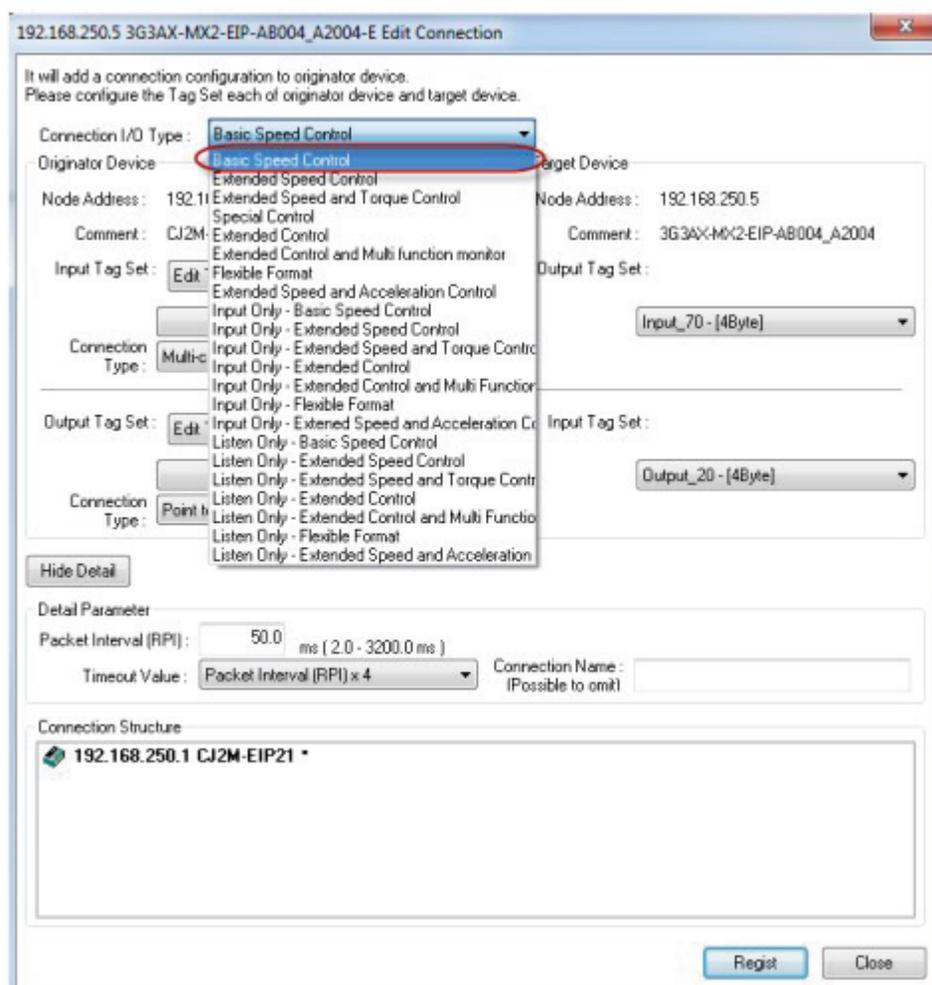
WriteAdr; É introduzido o endereço onde os dados serão gravados.

WriteSize; - O tamanho dos dados a gravar é especificado. Varia consoante a função utilizada, pode ser definido como uma palavra ou uma sequência de tipos de palavras.

Após as variáveis serem definidas, os comandos ModbusWrite para a operação **RUN** são os seguintes:



Deve-se selecionar o mapeamento ao criar a conexão, como se tinha dito previamente, no exemplo utilizar-se-á **Basic Speed Control**.

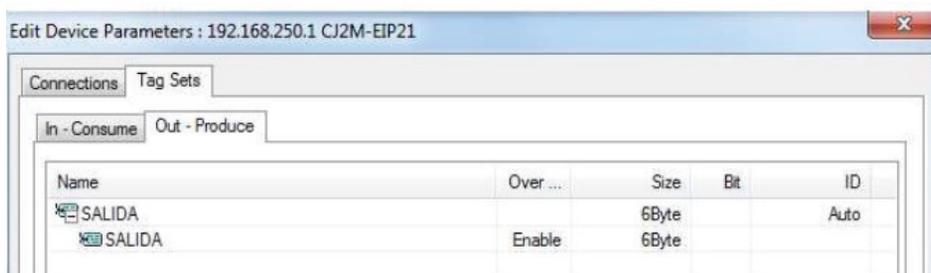
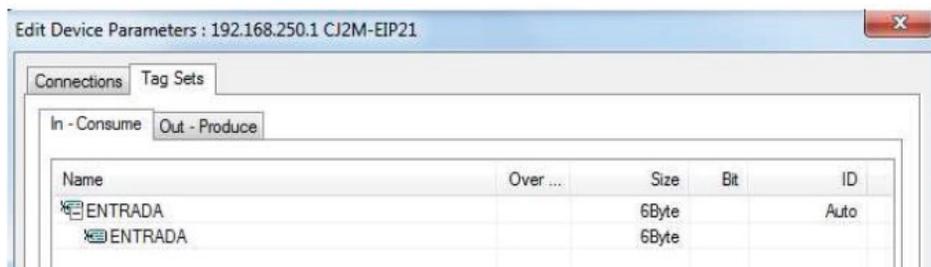


- **Variáveis de entrada:** Última variável que não é igual a 0 -> P172 = 3 WORD.

↕ SALIDA	WORD[3]	1200	OUTPUT		Work
↕ ENTRADA	WORD[3]	1000	INPUT		Work

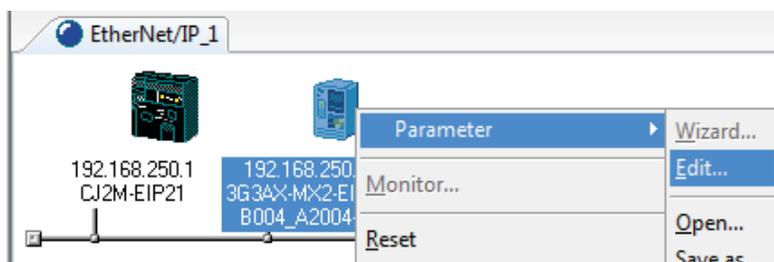
Descarregar para o CJ2M.

Passo 3: Network Configurator (importar tags)



Passo 4: Network Configurator (editar tamanho de datalink no variador)

Aceder aos parâmetros do MX2 mediante Network Configurator, à secção de **Remaining Parameters**, para configurar o tamanho de bytes de entrada e saída que se dividiram no mapeamento flexível.



Flexível Output Size = 6 bytes (3WORDS)

Flexível Input Size = 6 bytes (3WORDS)

PLC Na...	Name	Address	Data Type / Format	FB U...	Value	Value(Binary)
NewPLC1	ENTRADA	1000	WORD (Hex,Channel)		8:26	0000 0000 0001 1010
NewPLC1	ENTRADA[1]	1001	WORD (Hex,Channel)		8:0	0000 0000 0000 0000
NewPLC1	ENTRADA[2]	1002	WORD (Hex,Channel)		8:5000	0001 0011 1000 1000
NewPLC1	SALIDA	1200	WORD (Hex,Channel)		8:2	0000 0000 0000 0010
NewPLC1	SALIDA[1]	1201	WORD (Hex,Channel)		8:0	0000 0000 0000 0000
NewPLC1	SALIDA[2]	1202	WORD (Hex,Channel)		8:5000	0001 0011 1000 1000

6.7. Exercício laboratorial extra

6.7.1. Introdução

O objetivo desta atividade prática laboratorial é a seguinte:

- Configurar para funcionar a 3 fios;
- Frequência máxima de funcionamento: 100 Hz;
- Rampa de aceleração: 5 s;
- Rampa de desaceleração: 3 s;
- Variar a velocidade do motor ajustando a frequência através do potenciômetro;
- Configurar uma curva S de frequência para a aceleração e desaceleração;
- Configurar uma curva V/F para obter um binário variável, de modo que, na baixa velocidade de arranque, a tensão diminua e o binário aumente ($C=k\omega^2$);
- Configurar para uma paragem controlada com injeção de corrente contínua (DC).

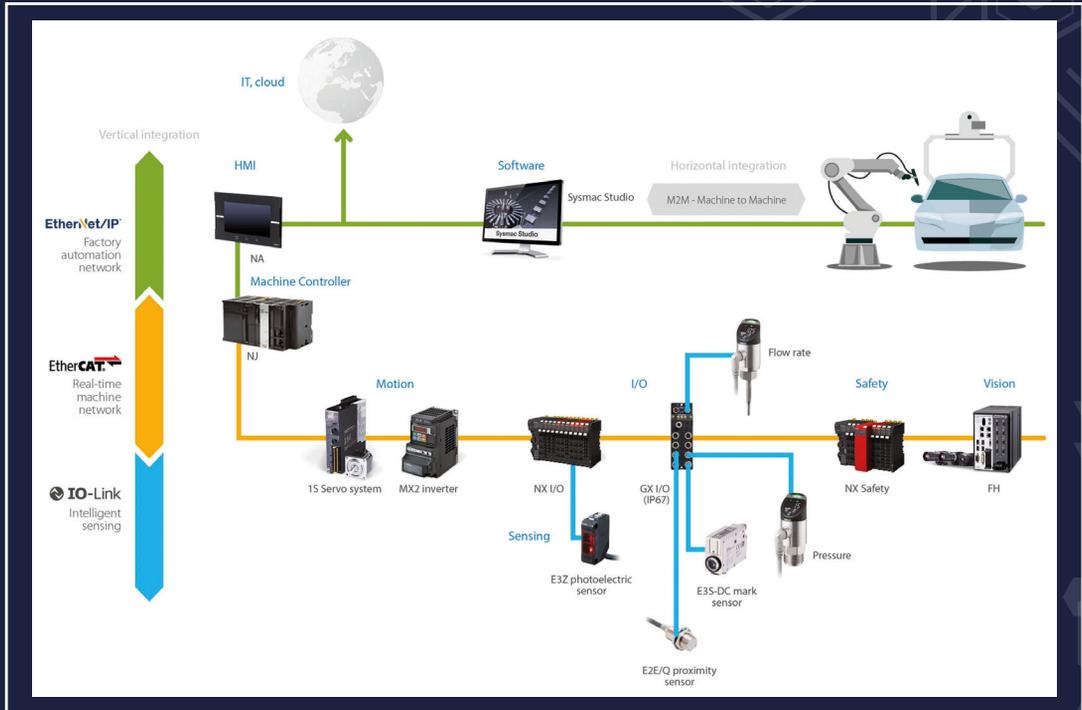
6.7.2. Grupos de função necessários

- d - Funções de monitorização;
- F - Programação de parâmetros de frequência, rampas de aceleração e direção de rotação;
- A - Funções de ajuste gerais;
- b - Funções de ajuste preciso;
- C - Funções terminais de entrada e saída;
- H - Funções relacionadas com as constantes do motor;
- P - Funções relacionadas com o binário, programação do utilizador e comunicação;
- U - Parâmetros selecionados pelo utilizador;
- E - Códigos de erro.

OMRON

MX2 – Integração total na plataforma SYSMAC

Recorrendo a uma carta de comunicações EtherCAT é possível integrar os variadores da família 3G3MX2 na solução de i-Automation da OMRON.



Nos últimos anos, os protocolos industriais baseados em Ethernet tornaram-se cada vez mais populares no mundo da automação. Entre os vários disponíveis destaca-se o **EtherCAT**, hoje considerado o padrão de excelência para aplicações de máquina. A sua crescente adoção deve-se à sua performance **incomparável, elevada precisão e arquitetura aberta**, tornando-o a escolha ideal para sistemas que exigem comunicação determinística e tempos de ciclo extremamente curtos.

Integração do Variador MX2 na Rede EtherCAT

A Omron adotou o EtherCAT como rede de referência nas suas soluções de automação de máquinas, e uma das integrações mais relevantes é o variador de frequência MX2. Concebido para aplicações que exigem controlo de velocidade preciso, o MX2 pode agora ser totalmente integrado numa arquitetura EtherCAT, beneficiando diretamente das vantagens desta rede:

- **Sincronização precisa** entre o variador e outros dispositivos (como PLCs, sensores ou servomotores)
- **Tempos de resposta ultra-rápidos**, cruciais para aplicações de movimento e controlo em tempo real
- **Redução da complexidade de cablagem e configuração**, graças ao protocolo unificado

Com a sua compatibilidade EtherCAT, o MX2 reforça o compromisso da Omron em fornecer **soluções integradas, abertas e de alto desempenho** para a automação industrial, permitindo às empresas evoluir para ambientes mais inteligentes e eficientes com menos esforço de engenharia.

VARIADORES DE FREQUÊNCIA

FILIFE PEREIRA
JOSÉ MACHADO
CARLOS FELGUEIRAS

Sobre a coleção

Esta coleção, para além de suprimir uma necessidade ao nível de obras na área da automação, robótica e controlo industrial, dando ênfase à Indústria 4.0 e à digitalização, visa preparar profissionais capazes de conceber e implementar processos de robotização e automatização industrial, promovendo ao longo de todos os volumes a capacidade de adquirir *know-how* para concretizar soluções de digitalização de sistemas e processos, fundamentais para as indústrias do futuro se tornarem mais autónomas e competitivas.

Sobre a obra

Este volume ensina profissionais a parametrizar, instalar e aplicar variadores de frequência OMRON, essenciais na Indústria 4.0 para otimizar o controlo de motores e processos industriais. Com exemplos práticos e boas práticas, a obra cobre desde conceitos básicos até funcionalidades avançadas, promovendo competências sólidas em automação.

Sobre os autores

Filipe Pereira é licenciado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, no ramo de Automação Industrial, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), e mestre em Engenharia Eletrotécnica e Informática, na área de conhecimento de Automação, Robótica e Controlo Industrial. Especialista em Eletrónica e Automação, é membro investigador/colaborador do Centro de Investigação METRICs e do INEG. É atualmente professor nos departamentos de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) e da Universidade do Minho (UM).

José Machado doutorou-se em Engenharia Mecânica – Automação, em simultâneo pela Universidade do Minho e pela École Normale Supérieure de Cachan (França), em 2006. É Diretor-Adjunto do Centro de Investigação METRICs e Professor Associado com Agregação no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade do Minho. É autor ou coautor de mais de 250 artigos publicados em periódicos e anais de conferências com arbitragem científica. É membro das Comunidades Científicas IEEE, IFAC e IFToMM.

Carlos Felgueiras doutorou-se em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, pela FEUP. Atualmente é docente do ISEP no Departamento de Engenharia Eletrotécnica. É autor ou coautor de mais de 100 publicações em revistas e conferências internacionais.

Também disponível em formato e-book



ISBN: 9789899177826



9789899177826

www.quanticaeditora.pt

Apoios

OMRON  **robótica**

