

CLP S7-300: CHAVE DE MODO, DEFEITOS SEM SOFTWARE, LIGAÇÕES DE I/O E PERGUNTAS FREQUENTES

Guia do Iniciante em Automação — Baseado no manual SIMATIC S7-300 e boas práticas de campo

INTRODUÇÃO

Este documento constitui um guia técnico de campo estruturado especificamente para profissionais, técnicos e estudantes em fase inicial na área de automação industrial. A operação de Controladores Lógico-Programáveis (CLPs) exige a compreensão sólida de conceitos elétricos e funcionais antes mesmo do domínio sobre os softwares de programação. Este manual aborda 4 tópicos essenciais: o funcionamento detalhado da chave seletora de modos da CPU, a metodologia de diagnóstico e teste de defeitos físicos sem a necessidade de computador, as diretrizes de ligação elétrica de entradas e saídas (diferenciação prática entre tecnologias PNP e NPN) e uma compilação de respostas para as dúvidas mais frequentes encontradas na rotina de manutenção e montagem de painéis elétricos.

1. COMO FUNCIONA A CHAVE RUN/STOP/MRES

1.1 Chave Seletora Frontal da CPU

A Unidade Central de Processamento (CPU) da família SIMATIC S7-300 possui, em seu painel frontal, uma chave seletora mecânica de modos de operação. Essa chave comuta os estados internos de funcionamento do processador e apresenta 3 posições operacionais principais: **RUN**, **STOP** e **MRES**. Em grande parte dos modelos de CPUs, a posição **MRES** é do tipo momentânea, exigindo que o operador pressione e mantenha a chave deslocada mecanicamente contra uma mola de retorno.

1.2 Modos de Operação da CPU

Posição	O que faz	Quando usar
RUN	A CPU executa o programa ciclicamente: realiza a leitura das entradas físicas, processa a lógica de controle programada e atualiza os estados das saídas.	Em regime normal de produção com o equipamento liberado para operação industrial.
STOP	A CPU interrompe imediatamente a execução da lógica. As saídas físicas são desativadas por segurança (estado desenergizado), mantendo-se a comunicação ativa com a rede e o computador.	Durante procedimentos de parametrização, transferência de programas (download), monitoramento preventivo e intervenções com segurança no painel.
MRES	Executa o Memory Reset (redefinição completa da memória de trabalho e sistema da CPU). Chave com retorno por mola.	Para redefinir o processador aos padrões de fábrica, sanar inconsistências graves de memória ou quando o LED indicativo STOP pisca em frequência lenta.

Nota: Em determinados modelos e versões de CPU da família S7-300, existe a posição **RUN-P** (RUN-Program), que permite ao usuário realizar alterações pontuais de blocos de lógica online sem a necessidade de paralisar a execução do processo na máquina.

1.3 Fluxo Operacional de Campo

O fluxo de operação diário segue uma sequência estrita: em regime de trabalho regular na linha de produção, a chave deve permanecer fixada na posição **RUN**. Ao realizar manutenções eletromecânicas, diagnósticos preliminares ou transferências de arquivos de controle, o operador comuta a chave para a posição **STOP**. O comando **MRES** é restrito a intervenções críticas de redefinição de memória ou nos casos específicos em que a CPU solicita a limpeza por meio do piscar contínuo e lento do LED STOP.

1.4 Aplicação dos Modos de Operação em Outras Marcas

O princípio de controle de estados da CPU é um padrão de engenharia presente em todos os fabricantes industriais. Variam apenas as nomenclaturas e a presença física da chave:

- **Rockwell (Allen-Bradley):** Utiliza comumente seletores com posições **RUN**, **REM** (Remote) e **PROG** (Program), onde o modo remoto permite controle de estado via software de programação.
- **WEG e Altus:** Empregam chaves físicas de alternância **RUN/STOP** em CPUs modulares ou comando de execução/parada acionado via teclado frontal e software.
- **Schneider Electric e Delta:** Utilizam chaves corredeiras miniaturizadas **RUN/STOP** ou controle direto por registradores de sistema. Em todas as arquiteturas, a separação conceitual entre processar lógica, travar saídas e resetar registros de hardware permanece idêntica.

2. PRINCIPAIS DEFEITOS E TESTES SEM ACESSAR O CLP

2.1 Metodologia de Diagnóstico sem Software

A verificação de falhas industriais deve sempre priorizar métodos físicos e diretos antes do uso de computadores dedicados. A metodologia correta de intervenção baseia-se na inspeção visual, análise de sinalização de LEDs e medições pontuais com multímetro digital, seguindo a ordem lógica: do circuito externo (periféricos e alimentação) para o circuito interno (módulos e processador), e do elemento mais simples para o mais complexo.

2.2 Testes Práticos de Campo sem Computador

- **Teste de alimentação primária e secundária:** Medir com multímetro ajustado para tensão contínua a saída da fonte de alimentação (valor esperado de **24 V DC** nominal). Verificar a integridade de fusíveis de proteção, disjuntores de comando e a continuidade do aterramento do trilho DIN. Realizar inspeção térmica para verificar se a fonte apresenta sobreaquecimento anormal ou odor de queima.
- **Teste de sensores e chaves de campo:** Com o sistema sob supervisão, testar a comutação do sensor acionando-o manualmente. Medir a tensão de resposta no condutor de sinal (sensores tipo PNP devem entregar aproximadamente **+24 V DC**; sensores tipo NPN devem comutar a referência para **0 V DC**). Checar o aperto dos bornes da régua e integridade do fusível do cartão.
- **Teste de contadores, relés e atuadores:** Medir a continuidade da bobina eletromagnética e a presença de tensão de comando nos terminais A1 e A2. Verificar se os contatos de potência fecham adequadamente sob acionamento manual direto do carretel, observando a energização segura da carga.
- **Teste de módulos por substituição direta:** Desenergizar o barramento elétrico, substituir o módulo de expansão sob suspeita de defeito por outro idêntico de mesma referência de catálogo e energizar o conjunto. Caso a anomalia seja eliminada, confirma-se o dano no canal ou circuito interno do módulo anterior.
- **Teste de infraestrutura de comunicação de rede:** Inspeccionar fisicamente a fixação dos cabos. Em redes **PROFIBUS-DP**, checar se os conectores estão devidamente parafusados e se a chave do terminador resistivo de final de linha está na posição correta (ON nas extremidades e OFF nos nós intermediários). Em redes **PROFINET**, verificar o estado das portas Ethernet nos switches e cabos verdes industriais.

2.3 Relação de Sintomas, Causas e Pontos de Verificação

Sintoma	Causa provável	Onde verificar fisicamente
CLP apagado (nenhum LED aceso)	Falta de alimentação elétrica, fusível queimado, disjuntor aberto ou falha interna na fonte de alimentação.	Entrada e saída da fonte de alimentação, disjuntores de comando, fusíveis de linha e bornes de alimentação da CPU.
Apenas LED DC5V aceso, RUN apagado	Programa ausente na memória de trabalho, memória corrompida ou cartão de memória MMC ausente ou danificado.	Encaixe do cartão MMC no slot frontal da CPU e estado do LED STOP (se piscar lentamente, a CPU exige comando MRES).
CPU transita para STOP de forma intermitente	Falha de hardware, erro de barramento, ruído eletromagnético ou interrupção de ciclo por erro lógico.	Módulos de expansão, fixação mecânica ao trilho, aterramento e histórico gravado no buffer de diagnóstico da CPU.
Entrada digital não reconhece sensor	Fio rompido, borne frouxo, sensor danificado, alimentação do sensor interrompida ou canal do módulo queimado.	Bornes de entrada do módulo SM 321, fusível do grupo de entradas e tensão no fio de sinal do sensor durante acionamento.
Saída do CLP acionada no LED mas sem tensão na carga	Falta de alimentação no borne L+ do cartão, fusível de proteção aberto, queima do transistor de chaveamento ou relé colado.	Alimentação externa do módulo SM 322 (L+/M), bornes de saída, fiação até o relé auxiliar e bobina da carga.
LED BF (Bus Fault) aceso após intervenção	Ruptura do cabo de comunicação, conector solto, terminador desconfigurado ou duplicidade de endereço na rede.	Conectores de rede (PROFIBUS/PROFINET), chaves dos resistores de terminação e alimentação de nós escravos.

2.4 Padronização para Outras Marcas

A sequência técnica descrita — verificação de tensões da fonte, medição de campo nos sensores, conferência de chaveamento nas saídas, substituição de hardware e validação de redes industriais — possui aplicação direta em controladores de qualquer linha ou fabricante, independentemente do sistema operacional ou linguagem de configuração empregada.

3. LIGAÇÕES DE ENTRADAS E SAÍDAS: PNP OU NPN? COMO SABER?

3.1 Princípio dos Sensores Industriais de 3 Fios

Os sensores industriais de proximidade de 3 condutores operam com dois fios dedicados à alimentação elétrica (positivo e negativo) e um terceiro condutor responsável pelo sinal de saída (chaveamento). A diferença operacional reside na polaridade chaveada pelo transistor interno:

- **Tecnologia PNP (Sourcing):** O transistor interno do sensor conecta a linha de alimentação positiva (+24 V DC) ao borne de sinal quando o sensor é ativado.
- **Tecnologia NPN (Sinking):** O transistor interno do sensor conecta a linha de referência negativa (0 V DC) ao borne de sinal quando o sensor é ativado.

3.2 Padrão de Utilização no S7-300

Os módulos de entrada digital convencionais da família S7-300 (tais como os módulos **SM 321** para **24 V DC**) possuem circuito do tipo *Sinking*, isto é, possuem os terminais comuns internos conectados à referência de **0 V DC** (terminal **M**). Desta forma, o canal de entrada digital necessita receber um potencial positivo de **+24 V DC** para fechar o circuito do optoacoplador interno.

Regra de Ligação: Os módulos convencionais SM 321 exigem **sensores do tipo PNP**. Existem módulos específicos para tecnologia NPN no catálogo Siemens, mas são produtos de aplicação restrita e exigem conferência prévia da referência exata (MLFB) no manual técnico.

3.3 Métodos para Identificar Sensores PNP e NPN

- **Leitura da identificação técnica no corpo:** Conferir a gravação a laser ou etiqueta adesiva no invólucro do sensor, observando a sigla PNP ou NPN e o esquema do transistor (indicando a carga conectada ao positivo ou negativo).
- **Identificação pelo padrão internacional de cores dos condutores:**
 - Marrom:** Alimentação positiva (**+24 V DC**).
 - Azul:** Alimentação de referência negativa (**0 V DC**).
 - Preto:** Sinal de chaveamento principal (NA — Normalmente Aberto).
 - Branco:** Sinal de chaveamento secundário ou complementar (NF — Normalmente Fechado).
- **Medição prática com multímetro:** Com o sensor alimentado e acionado em bancada ou campo, medir a tensão entre o fio preto (sinal) e o fio azul (**0 V DC**). Caso a medição registre **+24 V DC**, o sensor é do tipo **PNP**. Caso o valor permaneça próximo a zero, meça a tensão entre o fio preto (sinal) e o fio marrom (**+24 V DC**); caso registre **24 V DC**, o sensor é do tipo **NPN**.
- **Validação no esquemático do módulo:** Consultar as folhas de dados do cartão para confirmar se o ponto comum do bloco de entradas requer retorno ao barramento **M** (exigindo PNP) ou retorno ao barramento **L+** (exigindo NPN).

3.4 Particularidades de Ligação do S7-300

Nos módulos de entradas digitais **SM 321**, os bornes de conexão são divididos em grupos funcionais compartilhando um terminal de referência **M**. Para ligar sensores PNP, conecta-se a linha de **0 V DC** da fonte no terminal **M** do módulo, o cabo positivo da fonte aos sensores, e o condutor de sinal de cada sensor aos bornes de entrada individuais.

Nos módulos de saídas digitais **SM 322**, a tecnologia pode ser a transistor ou a relé. Nas versões a transistor, a alimentação **L+ (+24 V DC)** e **M (0 V DC)** deve ser ligada nos bornes de potência do cartão, respeitando a capacidade máxima de corrente por canal (geralmente **0,5 A** ou **2 A**). Nos módulos a relé (contato seco), deve-se obrigatoriamente prever fusíveis rápidos de proteção externa e a instalação de diodos de supressão (roda livre) ou varistores em paralelo com cargas indutivas, protegendo os contatos contra arcos elétricos.

3.5 Riscos de Danos por Ligação Invertida

Atenção: Conectar um sensor NPN em um módulo configurado para entradas PNP não queima o cartão. O canal simplesmente não comutará porque não haverá circulação de corrente no sentido exigido pelo optoacoplador.

Causas reais de queima e avaria permanente em hardware:

- Injeção de tensões fora da especificação nominal (por exemplo, aplicar acidentalmente **110/220 V AC** em módulos projetados para **24 V DC**).
- Inversão direta da polaridade de alimentação nos bornes principais de alimentação **L+** e **M** do módulo sem dispositivos de proteção externa.
- Curto-circuito direto entre saídas a transistor e a referência de terra sem presença de fusíveis limitadores de corrente.

3.6 Padrão Universal em Outros Fabricantes

A relação de chaveamento de cargas positivas (PNP) e negativas (NPN) é comum a todos os equipamentos industriais. Enquanto linhas européias privilegiam o uso de sinais PNP por questões de segurança intrínseca contra curtos ao terra

da carcaça da máquina, equipamentos de origem asiática (tais como linhas convencionais de fabricantes orientais) tradicionalmente disponibilizam opções mistas configuráveis por meio da fiação do ponto comum (*Sink/Source*).

4. PERGUNTAS FREQUENTES E RESPOSTAS

1. O que significa o LED SF (System Fault) aceso na CPU?

Indica ocorrência de falha no sistema provocada por erro interno de software (como divisão por zero e estouro de limites de tempo de ciclo) ou por defeito no hardware (módulo ausente, queima de componente ou falha de barramento). O diagnóstico preciso é obtido pelo buffer de eventos.

2. É permitido substituir um módulo de I/O com o painel elétrico ligado?

Não. O desligamento completo da alimentação do painel é mandatório antes da remoção ou encaixe de módulos em modelos convencionais do S7-300, conforme as diretrizes de segurança da norma regulamentadora NR-10.

3. Qual é a diferença operacional entre sensores industriais PNP e NPN?

O sensor PNP chaveia o polo positivo (+24 V DC) para o condutor de sinal quando ativado. O sensor NPN chaveia a referência negativa (0 V DC). As entradas padrão do S7-300 operam com tecnologia PNP.

4. O acionamento da chave MRES apaga completamente o programa do CLP?

Sim. A função MRES limpa integralmente a memória RAM de trabalho da CPU. Se houver um cartão de memória MMC devidamente gravado inserido no slot, a CPU recarregará o programa do cartão automaticamente após a conclusão do reset.

5. A plataforma S7-300 exige bateria de backup para retenção de programa?

As CPUs que operam com cartão MMC (*Micro Memory Card*) dispensam bateria para retenção do código executável. Baterias opcionais nas fontes de alimentação são empregadas apenas em modelos específicos para manutenção estendida de variáveis voláteis e relógio de tempo real.

6. Quais softwares de engenharia realizam a programação do S7-300?

A programação é efetuada por meio do software clássico **STEP 7** (SIMATIC Manager) e, para a maior parte das CPUs a partir de versões de firmware específicas, através da plataforma **TIA Portal** (*Totally Integrated Automation*).

7. O que é e qual a finalidade do buffer de diagnóstico da CPU?

É um registro não volátil interno da CPU que armazena em ordem cronológica os eventos de falha, transições de estado operacional e anomalias de barramento, registrando a data, a hora exata e a descrição técnica do evento para manutenção.

8. É possível ligar um sensor com alimentação de 220 V AC em uma entrada de 24 V DC?

Não. A injeção de tensão alternada elevada danifica de forma imediata e permanente o circuito de isolamento e os optoacopladores do canal do módulo de 24 V DC.

9. Quais passos seguir quando o CLP não liga nenhum de seus LEDs frontais?

Verificar se há tensão na entrada e saída da fonte de alimentação, testar os disjuntores de proteção e fusíveis da linha, checar o aterramento funcional e medir os bornes de alimentação da própria CPU.

10. O que indica a sinalização luminosa do LED FRCE (Force) aceso?

Indica que há forçamento de variáveis ativo via software. Nesse estado, um ou mais pontos de entrada ou saída foram fixados artificialmente pelo programador, sobrepondo-se à lógica real do processo, o que exige cautela máxima da equipe de campo.

11. Por qual razão o S7-300 ainda é amplamente estudado e utilizado?

Devido à massiva base de equipamentos instalada em indústrias no mundo todo, ampla disponibilidade de sobressalentes e padronização dos conceitos estruturais de lógica que servem de base para controladores de qualquer fabricante.

12. É viável carregar diretamente o programa de uma CPU S7-300 em outro modelo diferente?

Não de forma direta sem ajustes. A configuração de hardware deve ser reparametrizada no software para refletir o modelo, a versão de firmware e os módulos exatos da nova CPU antes da compilação e do download.

13. Qual é a função do trilho DIN na arquitetura do S7-300?

Trata-se de um perfil metálico padronizado que desempenha a fixação mecânica de todos os módulos do rack, permitindo a interligação do barramento de comunicação traseiro entre os cartões através dos conectores do tipo "U".

14. Como verificar em campo se uma saída digital a transistor está danificada?

Medir com multímetro a tensão no borne de saída com o comando ativo pelo programa (LED do canal aceso). Se houver indicação lógica no LED frontal mas nenhuma tensão for medida no borne (estando a alimentação do módulo presente), o canal interno está avariado.

15. É obrigatório colocar a CPU em STOP para carregar um novo programa?

Para a transferência completa de hardware e blocos de sistema, o estado de **STOP** é mandatório. Modificações pontuais em blocos lógicos isolados podem ser transferidas em modo **RUN-P** em versões de CPU que suportam essa função.

16. O que representa o LED indicativo BF (Bus Fault) ligado de forma permanente?

Sinaliza falha crítica na rede de comunicação (como PROFIBUS-DP ou PROFINET). As causas comuns envolvem rompimento de cabos, conectores soltos, ausência de alimentação em estações escravas ou terminação de linha incorreta.

17. Sensores industriais podem ser conectados diretamente nos bornes da CPU?

Apenas em modelos compactos (como as CPUs da linha 31xC que possuem I/O integrada). Em CPUs modulares convencionais, todos os sensores devem ser conectados obrigatoriamente nos bornes dos módulos de expansão de entradas (SM 321).

18. Qual é o papel técnico do cartão de memória MMC no S7-300?

O MMC atua como a memória não volátil de carga do sistema. Ele armazena os blocos de programa, tabelas de símbolos, configurações de hardware e parâmetros operacionais, viabilizando a inicialização do controlador sem risco de perda de código.

"Na dúvida operacional, consulte sempre o manual técnico do modelo exato de hardware e, persistindo a anomalia, solicite o suporte de um profissional sênior. Segurança em instalações elétricas e industriais é prioridade absoluta."

Fonte: Manual SIMATIC S7-300 Hardware and Installation (Siemens), S7-300 Module data, e boas práticas de campo.