

# GTSOC V2: MULTIFUNCIONAL

## HARDWARE DE SIMULAÇÃO AUXILIAR



O GTSOC V2 é um componente de hardware auxiliar opcional para o RTDS.® Simulador que pode ser usado para diversas aplicações diferentes, dependendo do firmware ativo. O gabinete para montagem em rack abriga uma placa FPGA de alto desempenho e um sistema em um chip (SoC) capazes de realizar cálculos de alta velocidade em paralelo com a simulação executada no hardware de processamento central do Simulador RTDS.

- O painel frontal possui 16 portas SFP (conexões baseadas em fibra ou cobre) para diversas aplicações.
- A parte traseira possui 4 portas de fibra para conectar instâncias do controlador de caixa preta ao hardware central do Simulador RTDS.
- Compatível com o hardware de simulação NovaCor 1.0/2.0



***O GTSOC V2 combina as capacidades de duas plataformas de hardware anteriores: o GTSOC V1 e a unidade GTFPGA.***

### Simulação de conversor multinível modular (MMC) para HVDC e FACTS

O GTSOC V2 pode ser usado para executar modelos detalhados de sistemas HVDC e FACTS baseados em MMC e seus respectivos controles de baixo nível. O software RSCAD inclui modelos MMC que são executados diretamente no processador; esses modelos incluem controle automático de balanceamento de tensão do capacitor (valor médio) e são adequados para testar controles de nível superior. Os modelos baseados no GTSOC V2 são mais detalhados, suportando testes de controle externo de baixo nível.

#### Modelo Genérico (MG)

*Modelos com até 2 meias-fases/braços de válvulas por GTSOC V2; são necessárias 3 unidades GTSOC V2 para representar um terminal.*

- Modelo **768 submódulos por meia fase/braço de válvula** (configurações de meia ponte, ponte completa ou mista)
- Considera todos os estados de disparo possíveis do IGBT
- Suporta capacitâncias de submódulos individuais, topologias personalizadas, falhas internas e submódulos de amortecimento.
- Modelo embutido disponível (sem interface T-line)

#### Modelo Unificado (U5)

*Modelos com até 6 meias-fases/braços de válvulas por GTSOC V2; 1 unidade GTSOC V2 necessária para representar um terminal.*

- Modelo **512 submódulos por meia fase/braço de válvula** (configurações de meia ponte ou ponte completa)
- Considera os estados bloqueado, inserido positivamente, inserido negativamente e ignorado.
- Suporta falhas internas e submódulo de amortecimento

#### Variante do Modelo Genérico para aplicações STATCOM

- Modelo **128 submódulos por meia fase/braço de válvula**
- Devido ao número reduzido de submódulos, 6 braços de válvulas (um terminal) podem ser modelados em um único GTSOC V2.
- Os controles para todos os 6 braços de válvulas podem ser modelados em um único GTSOC V2 (total de 2 unidades para válvulas + controles)

#### Modelo de controle de balanceamento de tensão do capacitor

*Representa os controles de ignição para até 3 meias-fases/braços de válvulas por GTSOC V2; são necessárias 2 unidades GTSOC V2 para representar os controles de um terminal.*

- Recebe a corrente da válvula e a tensão do capacitor do submódulo dos modelos de válvulas
- Fornece pulsos de disparo para modelos de válvulas através do protocolo Aurora

## SIMULAÇÃO DE MODELO DE CONTROLE DE FORNECEDOR DE CAIXA PRETA

A capacidade de controle de caixa preta do GTSOC V2 permite a integração de modelos de controle do fornecedor na simulação em tempo real, protegendo a propriedade intelectual do fabricante. Utilizando seus quatro processadores ARM, o GTSOC V2 opera em hardware dedicado (bare-metal).

. [arquivos de biblioteca estática](#) Contendo o código-fonte do controlador em paralelo com a simulação em tempo real.

A RTDS Technologies oferece um programa chamado **Ferramenta de interface GTSOC** que facilita a compilação cruzada do código-fonte para o formato .a e cria um firmware que pode então ser executado no GTSOC V2 pelo usuário, impedindo o acesso ao código. O intervalo de tempo do controlador depende da quantidade e da complexidade das instâncias da biblioteca de controle em execução.

## IEC 61850-9-2/61869-9 VALORES AMOSTRADOS (SV) STREAMING

O GTSOC V2 aumenta significativamente o número de fluxos de dados SV que podem ser inseridos e emitidos pelo Simulador RTDS. Cada uma das 16 portas intercambiáveis de fibra ou cobre do GTSOC V2 pode publicar e assinar simultaneamente um único fluxo SV. **No total, cada GTSOC V2 pode publicar e assinar até 16 fluxos SV configuráveis independentemente.**

Quando usado no ambiente de passo de tempo principal:

- Publica e assina até 16 fluxos de áudio com diversas taxas de amostragem.
- Suporta um máximo de 24 canais por fluxo para taxas de 80 amostras/ciclo, 4,8 kHz e 96 amostras/ciclo.
- Suporta um máximo de 9 canais por fluxo para taxas de 256 amostras/ciclo e 14,4 kHz

Quando usado no ambiente de subetapa:

- Capacidade de publicação apenas em taxas de amostragem muito altas
- Suporta um máximo de 24 canais para até 2 fluxos a 96 kHz
- Suporta um máximo de 48 canais para um único fluxo a 250 kHz

## CAPACIDADE MUX AURORA

O GTSOC V2 também pode ser usado para expandir a quantidade de canais de comunicação do protocolo Aurora disponíveis para o usuário. Cada porta de fibra de E/S de uso geral na parte traseira do chassi NovaCor pode ser conectada a uma das portas na parte traseira do GTSOC V2, e o recurso Mux transforma isso em 4 canais Aurora acessíveis pelas portas na parte frontal do GTSOC V2. O licenciamento permite até 4 conexões das portas de uso geral no chassi NovaCor para o GTSOC V2. **permitindo o acesso a um total de 16 portas Aurora na parte frontal de uma unidade GTSOC V2.** Cada fluxo pode ter até 64 canais, tanto para entradas quanto para saídas.

## MODELAGEM DE LINHAS DE TRANSMISSÃO E CABOS DEPENDENTES DA FREQUÊNCIA

O GTSOC V2 pode ser usado para a simulação dedicada de linhas de transmissão e cabos no domínio da fase dependentes da frequência, com um passo de tempo relativamente pequeno. Nesse caso, a rede circundante, simulada no ambiente Substep no hardware de processamento central do simulador RTDS, é interligada ao modelo de linha/cabo do GTSOC V2 por meio de uma linha de transmissão de interface Bergeron curta.

- Modelos **até 12 condutores acoplados** (Configuração flexível, ou seja, 1 linha com 12 condutores acoplados ou 4 linhas com 3 condutores acoplados cada)
- Etapas de tempo no **faixa de 1-3 µs**

## SOLUCIONADOR GENÉRICO DE ELETRÔNICA DE POTÊNCIA (GPES) PARA CONVERSORES DE TOPOLOGIA PERSONALIZADA

O GTSOC V2 oferece uma plataforma flexível para modelagem de topologias de conversores personalizadas com um intervalo de tempo de simulação reduzido. O GPES utiliza a abordagem de modelagem L/C com integração de Euler inversa.

- Intervalos de tempo na faixa de 235 ns
- Cada GTSOC V2 suporta até 128 nós e 256 ramificações
- Receber pulsos de disparo diretamente de controles externos via protocolo Aurora
- Interfacear o circuito GPES com os modelos em execução no hardware central do Simulador RTDS.



## **MEMORIAL DESCRITIVO**

### **Módulo GTSOC adicional para RTDS**

#### **GTSOC V2: Multi-Function Auxiliary Simulation Hardware**

O GTSOC V2 (Giga-Transceiver System-on-a-Chip) é um hardware auxiliar para o simulador digital em tempo real RTDS (Real Time Digital Simulator), recentemente adquirido pelo LEMT - Laboratory of Energy Management Technologies, destinado à execução de aplicações avançadas que demandam elevado desempenho computacional, processamento paralelo e interfaces de comunicação de alta velocidade. O equipamento integra FPGA (Field-Programmable Gate Array) de alto desempenho e arquitetura SoC (System-on-Chip), operando em paralelo ao hardware principal do RTDS. A aquisição do módulo adicional GTSOC objetiva, portanto, a ampliação da infraestrutura existente do simulador digital em tempo real RTDS.

O sistema RTDS existente possui atualmente apenas um módulo GTSOC, o qual já se encontra comprometido com aplicações e arranjos experimentais em operação. Dessa forma, a expansão da capacidade laboratorial para estudos envolvendo, especialmente: a) simulação com modelagem detalhada de conversores multiníveis modulares (MMC) aplicados a sistemas HVDC e FACTS; b) simulação de modelos de controladores proprietários (“Black Box”) desenvolvidos por fabricantes externos, preservando-se a propriedade intelectual dos algoritmos; e c) execução simultânea de novos ensaios envolvendo comunicação baseada na norma IEC 61850, especialmente aplicações associadas a Sampled Values (SV), GOOSE e sincronismo temporal, demanda a importação, com máxima brevidade, desta unidade adicional compatível com a plataforma instalada para viabilizar a continuidade de pesquisas de P&D e de desenvolvimentos de trabalhos nos níveis de graduação e pós- graduação.

Destaca-se que o módulo solicitado deve possuir compatibilidade integral com a plataforma RTDS atualmente instalada, incluindo compatibilidade de hardware, firmware, drivers, bibliotecas e ambiente computacional do fabricante original. Em razão dessas exigências técnicas, não é possível a substituição por equipamento genérico ou similar de outro fabricante internacional ou, preferencialmente, de origem nacional — ainda que houvesse fabricação nacional de equipamento equivalente —, visto que não existe alternativa plenamente compatível com a plataforma RTDS atualmente utilizada,

sem comprometer a estabilidade operacional e a integridade das simulações realizadas. Trata-se, portanto, de equipamento altamente especializado, baseado em tecnologia proprietária da RTDS Technologies, destinado a aplicações avançadas específicas de simulação digital em tempo real.

Além das características citadas anteriormente, outras funcionalidades e especificidades do GTSOC V2, essenciais para a expansão funcional da plataforma RTDS e sem correspondência compatível em soluções de outros fabricantes, são apresentadas a seguir.

### **Principais Características:**

- Compatível com a plataforma de simulação NovaCor 2.0 (adquirida pelo LEMT)
- Execução de cálculos em alta velocidade e em paralelo com o hardware principal do RTDS
- Estrutura modular para aplicações avançadas de eletrônica de potência e sistemas elétricos
- Suporte a diferentes aplicações conforme o firmware ativo
- Gabinete montável em rack (rack-mountable enclosure)
- Painel frontal com 16 portas SFP para comunicação óptica ou cobre
- Painel traseiro com 4 portas ópticas dedicadas à integração com o RTDS Simulator
- Combina funcionalidades anteriormente distribuídas entre as plataformas GTSOC V1 e GTFPGA

### **Aplicações e Recursos do Sistema:**

#### **Modelo Genérico (Generic Model – GM)**

- Modelagem de até 2 meia-fases/braços de válvula por unidade GTSOC V2
- Necessidade de 3 unidades GTSOC V2 para representar um terminal completo
- Suporte a até 768 submódulos por meia-fase/braço de válvula
- Compatível com topologias half-bridge, full-bridge ou mistas
- Consideração de todos os estados possíveis de disparo dos IGBTs
- Suporte a capacitâncias individuais dos submódulos
- Suporte a topologias customizadas e faltas internas
- Inclusão de submódulos de amortecimento (damping submodule)
- Disponibilidade de modelo embarcado sem interface T-line

#### **Modelo de Controle de Balanceamento de Tensão dos Capacitores**

- Representação dos controles de disparo para até 3 meia-fases/braços de válvula por GTSOC V2
- Necessidade de 2 unidades GTSOC V2 para controle completo de um terminal
- Recebimento de corrente de válvula e tensão dos capacitores dos submódulos
- Comunicação com os modelos de válvula via protocolo Aurora

### Modelo Unificado (Unified Model – U5)

- Modelagem de até 6 meia-fases/braços de válvula por unidade GTSOC V2
- Necessidade de apenas 1 unidade para representação de um terminal completo
- Suporte a até 512 submódulos por meia-fase/braço de válvula
- Compatível com topologias half-bridge e full-bridge
- Consideração dos estados bloqueado, inserção positiva, inserção negativa e by-pass
- Suporte a faltas internas e submódulos de amortecimento

### Aplicações STATCOM

- Variante do modelo genérico dedicada a aplicações STATCOM
- Suporte a até 128 submódulos por meia-fase/braço de válvula
- Modelagem de um terminal completo em uma única unidade GTSOC V2 e possibilidade de execução dos controles de todas as válvulas em uma única unidade adicional

### GPES – Generic Power Electronics Solver

- Plataforma flexível para modelagem de conversores de topologia personalizada
- Utilização de abordagem de modelagem L/C com integração Backward Euler
- Passo de simulação na faixa de 235 ns
- Suporte a até 128 nós e 256 ramos por unidade GTSOC V2
- Recebimento direto de pulsos de disparo externos via protocolo Aurora
- Interfaceamento com modelos executados no hardware principal do RTDS

### Modelagem de Linhas e Cabos Dependentes da Frequência

- Simulação dedicada de linhas e cabos no domínio de fase
- Passos de simulação na faixa de 1 a 3  $\mu$ s
- Suporte a até 12 condutores acoplados
- Configuração flexível de linhas e cabos
- Interfaceamento com o ambiente Substep do RTDS através de linha Bergeron curta

### Expansão de Comunicação Aurora (Aurora Mux)

- Expansão da quantidade de canais de comunicação Aurora disponíveis
- Conversão de cada porta de propósito geral do NovaCor em até 4 canais Aurora
- Disponibilidade de até 16 portas Aurora acessíveis no painel frontal
- Cada fluxo suporta até 64 canais de entrada e 64 canais de saída

### Simulação de Modelos Proprietários Black Box

- Execução bare-metal utilizando quatro processadores ARM integrados, em paralelo à simulação em tempo real
- Compatibilidade com bibliotecas estáticas no formato “.a”
- Utilização da ferramenta GTSOC Interface Tool para compilação e geração de firmware

### Streaming IEC 61850-9-2 / IEC 61869-9 Sampled Values (SV)

- Ampliação significativa da capacidade de publicação e assinatura de fluxos SV
- Cada porta SFP pode publicar e assinar simultaneamente um fluxo SV
- Suporte total a até 16 fluxos SV independentes por unidade GTSOC V2

#### Operação no Ambiente Main Timestep

- Publicação e assinatura de até 16 fluxos SV
- Compatibilidade com múltiplas taxas de amostragem
- Suporte a até 24 canais por fluxo em 80 amostras/ciclo, 4,8 kHz e 96 amostras/ciclo
- Suporte a até 9 canais por fluxo em 256 amostras/ciclo e 14,4 kHz

#### Operação no Ambiente Substep

- Capacidade de publicação em taxas muito elevadas
- Suporte a até 24 canais em 2 fluxos de 96 kHz e a até 48 canais em um fluxo único de 250 kHz

### **Especificações:**

#### Plataforma de Processamento

- FPGA de alto desempenho e Sistema SoC (System-on-a-Chip) integrados
- Quatro processadores ARM para aplicações black box

#### Interfaces de Comunicação

- 16 portas SFP frontais configuráveis para fibra óptica ou cobre e 4 portas ópticas traseiras para integração com o RTDS Simulator
- Comunicação via protocolo Aurora
- Compatibilidade com IEC 61850-9-2 e IEC 61869-9

#### Capacidade de Simulação MMC

- Até 768 submódulos por meia-fase no modelo GM
- Até 512 submódulos por meia-fase no modelo U5
- Até 128 submódulos por meia-fase em aplicações STATCOM.

#### Desempenho de Simulação

- Timestep mínimo de aproximadamente 235 ns para GPES
- Timestep de 1–3  $\mu$ s para modelagem de linhas e cabos dependentes da frequência

#### Capacidade SV

- Até 16 fluxos SV independentes por unidade
- Até 64 canais de entrada e saída por fluxo Aurora
- Taxas de publicação de até 250 kHz no ambiente Substep