



# Universidade: presente!



## XXXI SIC

21. 25. OUTUBRO • CAMPUS DO VALE

# Avaliação do consumo de energia de transceptores para redes sem fio industriais

Bruno Rudiger, Departamento de Engenharia Elétrica

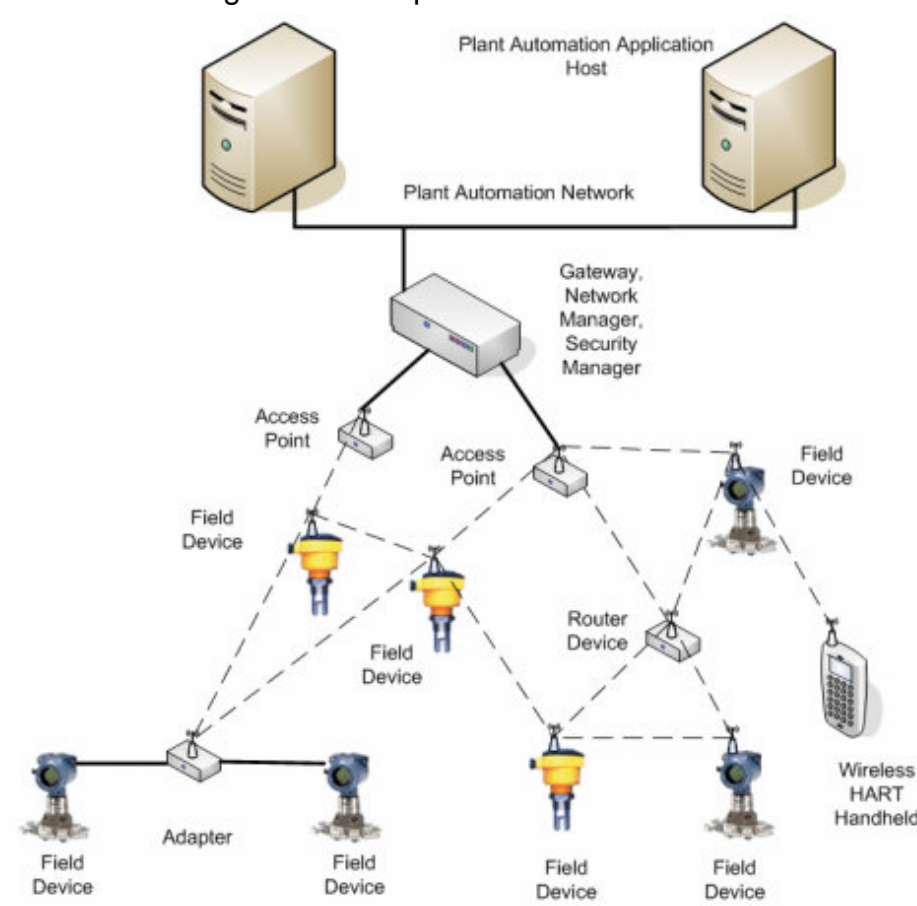
## Introdução

As redes de comunicações sem fio vêm sendo amplamente empregada nos últimos anos, especialmente por apresentarem vantagens em comparação com as cabeadas, tais como baixo custo de instalação, expansão facilitada e possibilidade de uso de dispositivos móveis. Porém, dentre as dificuldades observadas no uso prático destas redes no ambiente industrial, citam-se, coexistência no meio RF, comunicação em tempo real e alimentação por baterias. Esta última diz respeito à necessidade de longa duração das baterias para evitar a troca frequente das mesmas, que inviabilizaria a rede sem fio. Sendo assim, espera-se que as baterias dos dispositivos sem fio industriais durem anos, evitando manutenção excessiva. Este trabalho apresenta um estudo sobre o consumo de energia de transceptores de RF para aplicações industriais. São apresentados os mecanismos empregados na pilha do protocolo sem fio de aplicação industrial empregado como estudo de caso, para que se atinja o menor consumo possível. Os dados de consumo de energia são obtidos de forma analítica, confrontados com dados experimentais. A pilha do protocolo de comunicação estudada (WirelessHART, WH) emprega técnicas que propiciam baixo consumo aliadas ao acesso ao meio TDMA. Porém, o estudo revela que o transceptor de RF deve ser modificado para que se atinja a maior durabilidade possível da bateria. As modificações necessárias são apresentadas ao final, indicando o caminho para que se atinja a maior durabilidade possível.

## Consumo em redes sem fio industriais

As redes sem fio industriais (RSFI) empregam acesso ao meio TDMA para garantir comunicação em tempo real, necessária para o monitoramento e controle de processos industriais. A Figura 1 apresenta a arquitetura típica de uma rede WH.

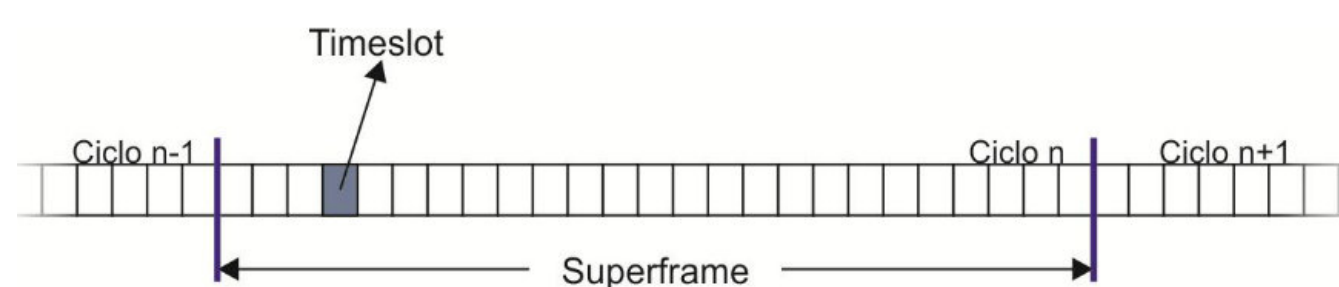
Figura 1: Exemplo de rede wirelessHART



Fonte: Chen, D., Nixon, M., & Mok, A. (2010). WirelessHART Springer.

O dispositivo de campo contém o microcontrolador, o sensor ou atuador e o transceptor de RF, e deve dispor de técnica para propiciar baixo consumo e grande longevidade da bateria. O acesso ao meio TDMA empregado nestas redes restringe a comunicação em um *timeslot* que são segmentos de tempos agrupados em *superframes* que são conjuntos de *timeslots* que se repetem ciclicamente. A qualquer tempo, exceto no *timeslot* designado para comunicação, o dispositivo deve entrar em modo *sleep*, reduzindo o consumo ao máximo possível. No caso das redes TDMA, o problema consiste em manter o sincronismo temporal durante o estado de *sleep*, para que o dispositivo " acorde" no tempo correto. A Figura 2 apresenta o diagrama temporal que resume o funcionamento do TDMA.

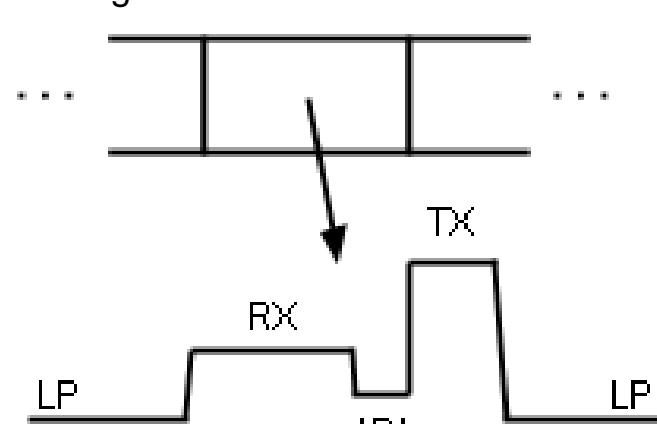
Figura 2: Timeslots dentro de um superframe



Fonte: Cainelli, G.

A Figura 3 apresenta o comportamento esperado do dispositivo quanto à corrente elétrica e, consequentemente, o consumo de energia. Dentro do *timeslot* de comunicação, o dispositivo em estado receptor deve apresentar a forma LP-RX-IDL-TX-LP, ou seja, *Low Power*, *Receive*, *Idle*, *Transmit* e *Low Power*. Deve permanecer em estado LP pelo resto do *superframe*, até que seja requisitada nova recepção de dados.

Figura 3: Perfil de corrente



## Métodos e materiais

Para a avaliação do consumo da RSFI, foram utilizados os dispositivos de campo WH previamente desenvolvidos pelo grupo de pesquisa (Figura 4).

O *firmware* WH foi carregado na memória do dispositivo e o consumo foi obtido medindo-se a corrente através de um resistor *shunt*. Os resultados podem ser visualizados nas Figuras 5 (modo RX), 6 (modo TX) e 7 (ciclos de comunicação).

Em comparação com trabalho anterior, onde o perfil de consumo do mesmo dispositivo é avaliado (Figura 8), verifica-se que a forma da corrente é semelhante, porém, com o período *low power* muito reduzido, revelando erro no algoritmo de controle do consumo do dispositivo.

A análise criteriosa do *firmware* do dispositivo (pilha do protocolo) revelou um erro na máquina de estado TDMA e, a partir do funcionamento correto, pode-se obter os dados de consumo do dispositivo WH.

Figura 4: Dispositivo analisado

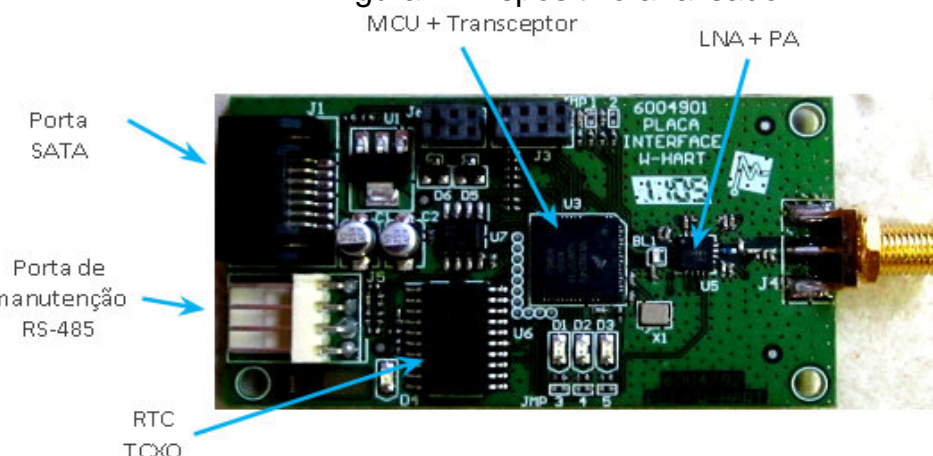


Figura 5: Pico de consumo referente ao recebimento de dados

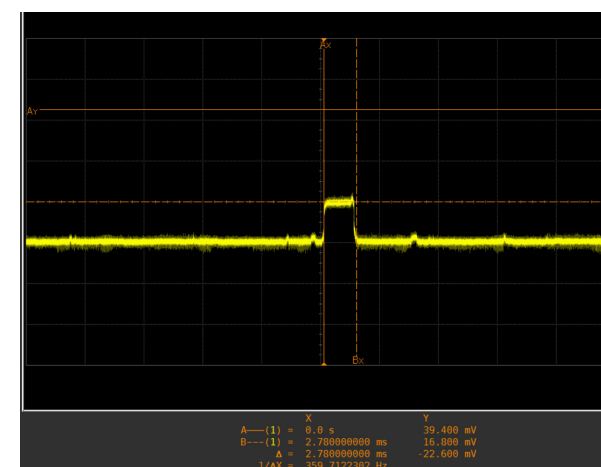


Figura 6: Pico de consumo referente à transmissão de dados

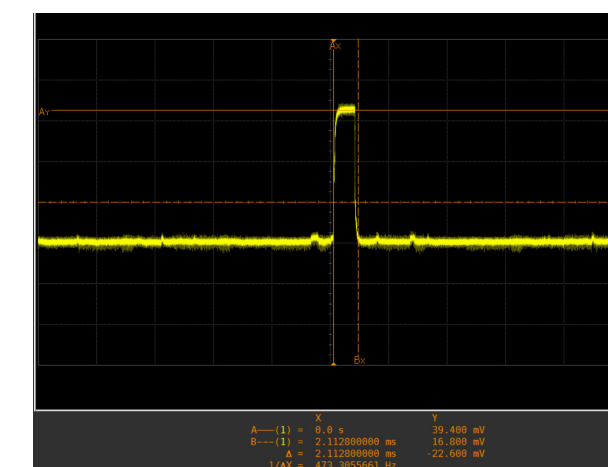


Figura 7: Ciclos de operação normal

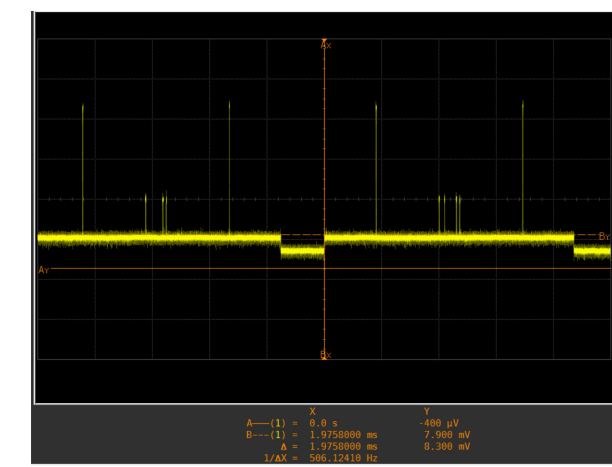
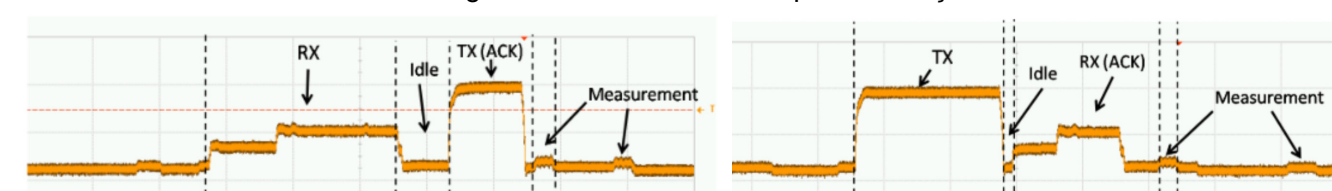


Figura 8: Perfil de corrente para avaliação



Fonte: Müller, I., Winter, J., Pereira, C., Brusamarello, V., Netto J.C. Energy Consumption Estimation for TDMA-based Industrial Wireless Sensor Networks

## Resultados

Os resultados obtidos com o *hardware* e o *firmware* que implementa a pilha do protocolo WH são confrontados com *hardware* e *firmware* desenvolvidos para aplicações de redes de sensores sem fio, previamente desenvolvidos pelo grupo de pesquisas. O *hardware* de comparação utiliza o mesmo microcontrolador, PA-LNA e parte do sistema de gerenciamento de energia. Em contraste, o *hardware* WH emprega um RTC (Real Time Clock), necessário para o sincronismo na técnica TDMA.

A Tabela 1 apresenta as correntes demandadas pelos dispositivos nos mesmos estados LP-RX-IDL-TX descritos anteriormente:

Tabela 1: Corrente medida

	Transceptor WH	Transceptor WSN
Low Power	809 uA	78 uA
RX	3,58 mA	3,45 mA
Idle	1,68 mA	1,54 mA
TX	8,3 mA	8,15 mA

Os dados da tabela revelam discrepância no consumo em modo *Low Power* entre os dois dispositivos, que exigiram exame minucioso do *hardware* do transceptor WH. Verificou-se que o RTC e o regulador de tensão empregados apresentam consumo quiescente elevado, reduzindo a expectativa de vida da bateria. Como solução, quanto ao regulador de tensão sugere-se a troca por um do tipo *low drop* ou até mesmo eliminá-lo e utilizar bateria com tensão nominal próxima da tensão de operação do dispositivo. Quanto ao RTC, a substituição do mesmo não é possível no momento, uma vez que o protocolo WH demanda relógio com incerteza menor que 10 ppm, o que não é possível com RTCs comuns. Sendo assim, trabalhos futuros serão realizados com intuito de reduzir a necessidade do uso de RTCs precisos neste *hardware*. Ainda, resta aprimorar a máquina de estados TDMA da pilha do protocolo, para que o dispositivo permaneça em estado *sleep* pelo maior tempo possível.