

**TRANSMISIÓN DE DATOS POR LAS LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN
DE BAJA TENSIÓN**

PEDRO JAVIER TRUJILLO TARAZONA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
MAESTRÍA EN INFORMÁTICA
BUCARAMANGA, COLOMBIA
2004**

**TRANSMISIÓN DE DATOS POR LAS LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN
DE BAJA TENSIÓN**

PEDRO JAVIER TRUJILLO TARAZONA

**Trabajo de grado como requisito para optar al título de
Magister en Informática**

Director Ph.D. OSCAR GUALDRÓN GONZÁLEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
MAESTRÍA EN INFORMÁTICA
BUCARAMANGA, COLOMBIA
2004**

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por darme la inspiración y la fuerza de voluntad para superar las adversidades y los desaciertos. Y por que siempre me permite asimilar que las cosas y eventos tiene una razón sustancial para existir y para ocurrir.

Para **mi familia**, por acompañarme en todo momento, por el amor y cariño que me dan, por su invaluable presencia en el día a día de mi vida.

Al profesor **OSCAR GUALDRÓN GONZÁLEZ**, por confiar en mí, por su apoyo y guía, por su asistencia en el momento oportuno y cuando más ocupado él estaba. Muy positiva ha sido su influencia investigativa y las recomendaciones sobre el abordar los problemas desde los mejores ángulos, desde las ventajas, los avances y los logros parciales dentro de las restricciones del entorno.

Al profesor **MANUEL GUILLERMO FLÓREZ BECERRA** por su comprensión y prontitud en la respuesta a mis inquietudes. El entusiasmo que me dio para que superase las dificultades y su inicial solicitud de explorar alternativas tecnológicas para la solución del problema, me condujeron a trabajar en tecnología reciente y a estar cerca de la vanguardia tecnológica en el área telemática.

Al profesor **GABRIEL ORDOÑEZ PLATA**, por creer en mi trabajo, por el ánimo recibido cada vez que lo consulté. Su comprensión y acompañamiento han sido claves en los tiempos de decisiones, en los momentos de la práctica y de las realizaciones.

Para **los profesores** de la Maestría y de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, quienes me brindaron su experiencia y estuvieron atentos a la evolución de mi trabajo de grado.

Para **JULIETA y EDGAR BARRIOS**, su amistad y el recalcar me la importancia de mi trabajo de investigación.

Al profesor **FERNANDO RUIZ**, por su persistente invitación a concretar la tesis, a darle solución al problema de la misma y a solventar mis problemas debidos a ella. Y principalmente, por moverme a buscar horizontes mejores para mi vida personal y profesional. Ello me dio coraje para tomar decisiones laborales y personales, de gran talante, de honestidad con mis valores.

A **MARÍA EUGENIA**, secretaria de la Maestría, debido a sus recomendaciones, exigencia en el cumplimiento de los requisitos académicos y su diligencia para atender mis solicitudes.

*Por Aquilino, Bárbara, Susana e Ismael: luchar, vencer y trascender.
Para todos los secuestrados y desplazados: fé, paciencia, sabiduría, vida y libertad.
Para y por María Juliana: alegría, ilusión, sinceridad, misterio y ternura.*

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DEFINICIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 PREGUNTA DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 JUSTIFICACIÓN	4
1.5 EL PROPÓSITO	5
1.6 ANTECEDENTES	6
1.6.1 Antecedentes legales	6
1.6.2 Antecedentes históricos	7
1.6.3 Antecedentes investigativos	8
1.7 DELIMITACIÓN	11
1.7.1 Delimitación espacial	11
1.7.2 Delimitación cronológica	11
1.7.3 Delimitación conceptual	12
2. DISEÑO METODOLÓGICO	13
2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	13
2.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO	13
2.3 METODOLOGÍA	13
2.4 RECURSOS TECNOLÓGICOS	14
3. MARCO TEÓRICO	15
3.1 DESCRIPCIÓN DE “POWERBUS”	15
3.2 LOS CIRCUITOS INTEGRADOS “POWERBUS”	20
3.3 PROPIEDADES DE DISPOSITIVOS	26
3.4 LA INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES DE “POWERBUS”	28
3.5 EVENTOS	31
3.6 VARIABLES VIRTUALES PARA DISPOSITIVOS “POWERBUS”	33
3.7 CONCEPTOS DE RED LÓGICA MAESTRO/ESCLAVO	38
3.8 CONFIGURACIÓN DE UNA RED LÓGICA	41
3.9 SEGURIDAD Y CIFRADO	43
3.10 EL LENGUAJE “V-LOGIC”	44
3.11 EL CIRCUITO DE INTERFAZ AL MEDIO	46
3.12 TOPOLOGÍA DE LA RED Y LOS ELEMENTOS USADOS EN LOS NODOS	49

4.	PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
4.1	DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	51
4.1.1	Red instalada	51
4.1.2	Interfaces a los medidores de energía y el circuito de control de TRIAC	61
4.1.3	Topología y el alcance de la red	66
4.1.4	Pruebas de conectividad, confiabilidad y validez de primitivas	69
4.1.5	Captura de señales "PowerBus"	72
4.1.6	Características relevantes del protocolo	77
4.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	78
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1	CONCLUSIONES	82
5.2	RECOMENDACIONES	85
	GLOSARIO	89
	BIBLIOGRAFÍA	95
	ANEXOS	99

LISTA DE ANEXOS

	Pág.	
Anexo A.	Tabla de descripción funcional de pines de un integrado U530	99
Anexo B.	Tabla de descripción funcional de pines de un integrado U540	104
Anexo C.	Tabla de propiedades	110
Anexo D.	Tablas de tipos de valores para propiedades y variables virtuales	113
Anexo E.	Tabla de unidades de medida	114
Anexo F.	“Tokens” de “V-Logic”	119
Anexo G.	Características del medidor electrónico	120
Anexo H.	La interfaz del programa para lectura de medidores a través de los nodos esclavos	121
Anexo I.	Interfaces de herramientas “software” “PowerBus”	126
Anexo J.	Ejemplo de listado de resultados de una prueba de confiabilidad de “PowerBus” mediante “Burn In Tool”	130
Anexo K.	Listado de un guión de primitivas para pruebas con “Sdiags”	137
Anexo L.	Ejemplo de resultados de la ejecución de un guión de primitivas “PowerBus” mediante “Sdiags”	141
Anexo M.	Análisis de la velocidad de transmisión de datos a partir de pruebas de confiabilidad usando la herramienta “software” “Burn In Tool”	144
Anexo N.	Esquema de direccionamiento para “PowerBus” Maestro/Esclavo versión 3.0.0	149
Anexo O.	Análisis de velocidad de transmisión de datos a partir de señales	150
Anexo P.	Resumen de pruebas realizadas	154
Anexo Q.	Datos técnicos de las redes de distribución típicas locales	159

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Resumen de características de las diferentes líneas de circuitos integrados	23
Cuadro 2. Formato General de una Primitiva	28
Cuadro 3. Lista de Peticiones	30
Cuadro 4. Descripción de los pines del MIC	47

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Comparación de la solución “Domosys” frente a las de otros fabricantes	22
Figura 2. Diagrama a bloques funcional de la serie de circuitos integrados U-530	24
Figura 3. Diagrama a bloques funcional de la serie de circuitos integrados U-540	25
Figura 4. Diagrama de conexión de la tarjeta de interfaz al medio	26
Figura 5. Pasos para implementar la configuración de un dispositivo “PowerBus”	26
Figura 6. Modelo de comunicaciones maestro/esclavo	38
Figura 7. Diagrama de flujo para la configuración de una red lógica maestro/esclavo	42
Figura 8. Diagrama a bloques del MIC	46
Figura 9. MIC y pines de conexión	46
Figura 10. Circuito de interfaz típico	48
Figura 11. Dispositivo usado como nodo maestro (“PowerGate modem”)	49
Figura 12. Dispositivo usado como nodo esclavo (“PowerCard module”)	49
Figura 13. Diagrama de conexión de los nodos de la red	50
Figura 14. Diagrama descriptivo de la disposición de la red “PowerBus”	53
Figura 15. Elementos que conforman la red maestro y dos esclavos	54
Figura 16. La conexión de los tres nodos a un barraje o multitoma 120 Vac	55
Figura 17. Transformador de acoplamiento entre fases	56
Figura 18. Nodo esclavo: dispositivo “PowerCard”	58
Figura 19. Nodo maestro: dispositivo “PowerGate”	59
Figura 20. Circuito de acoplamiento para visualizar en osciloscopio las señales “PowerBus”	60
Figura 21. Circuito para captura de señales en el medio	60
Figura 22. Circuito de interfaz optoelectrónica al medidor electrónico	61
Figura 23. Circuito de interfaz optoelectrónica al medidor electromecánico	62
Figura 24. Diagrama circuito integrado y circuito básico de optoacoplador utilizado	62
Figura 25. Montajes experimentales de interfaces ópticas	63
Figura 26. El interior del medidor electrónico	63
Figura 27. Circuito de interfaz para control de TRIAC	64
Figura 28. Opción de conexión de un “host” externo a un nodo esclavo	66
Figura 29. Topología de red para AMR	67
Figura 30. Diagrama de la disposición de la red eléctrica donde se configura una red “PowerBus”	68

LISTA DE FIGURAS – Continuación

Figura 31.	Ejemplo de una señal “PowerBus”	72
Figura 32.	Detalle de una señal “PowerBus”	73
Figura 33.	Elementos de señal de un mensaje “PowerBus”	74
Figura 34.	Ejemplo de señal “PowerBus” para diferentes tipos de mensajes	75
Figura 35.	Ejemplo de señal “PowerBus” para un mensaje largo	75
Figura 36.	Trama “PowerBus” en la línea de energía	76
Figura 37.	Señal para tramas en el proceso de revisión de conectividad	76

Título: TRANSMISIÓN DE DATOS POR LAS LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN*

Autor: Trujillo Tarazona, Pedro Javier**

Palabras clave: portadora línea de potencia, "PowerBus", Lectura Automática de Medidores

Se aplicó la tecnología "PowerBus" para la transmisión, por las líneas de 120 Vac, de los datos del consumo de energía eléctrica. La investigación revisó la consistencia de lo estipulado en las especificaciones de la tecnología; determinó su aplicabilidad para el uso en lectura automática de medidores, así como en sistemas de monitoreo y control sobre las redes de distribución de energía eléctrica de baja tensión, a nivel de usuario residencial y comercial.

La señal tiene ancho de banda desde los 110 KHz hasta los 135 Khz, utiliza control de acceso al medio tipo CSMA/CA. La velocidad promedio de transmisión de datos efectivos que se puede lograr es de 2400 bps en modo rápido y 850 bps en modo robusto. La red configurada fue tipo maestro/esclavo, con dos estaciones esclavas y una maestra.

La tecnología, desarrollada por Domosys Corporation, define un lenguaje no compilado llamado "V-Logic" utilizado para definir escenarios de automatización y control. Además, define un conjunto de variables localizadas en cada dispositivo de la red, que permiten definir la identidad de cada dispositivo, junto con un conjunto de propiedades asociadas. Los dispositivos usados son sistemas, que incluyen el procesador de comunicaciones, el transceiver, memoria para: "firmware", datos, variables lógicas, escenarios y código "V-Logic". La tecnología es apropiada para las redes locales, por ser estas pequeñas o medianas. "PowerBus" presenta evidencias de haber sido desarrollada a partir de CEBus, con mejoras de seguridad, privacidad, enrutamiento y acceso a Internet mediante compuertas.

* Trabajo de Investigación

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Maestría en Informática
Director: Gualdrón González, Oscar

Title: DATA TRANSMISSION OVER LOW VOLTAGE POWERLINES*

Author: Trujillo Tarazona, Pedro Javier**

Key words: PLC, powerline carrier, PowerBus, AMR, Automatic Meter Reading

PowerBus technology was applied for the transmission on the 120 Vac lines of the data of the consumption of electrical energy. The investigation reviewed the consistency of the stipulated items in the specification of the technology. Also it determined the applicability of the technology for the use in AMR systems, as well as in systems for monitoring and control on the networks of distribution of electrical energy of low tension (120 Vac networks), mainly for residential and commercial use.

Bandwidth used in the signaling goes from 110 KHz to 135 KHz. The media access control is CSMA/CA. The speed average of effective data transmission is of 2400 bps in the fast way and 850 bps in the robust way. The network formed for the tests was type master/slave, with two slave stations and one master.

The technology, developed by Domsys Corporation, defines a not compiled language called V-Logic which is for building scenarios of automatization and control. The technology defines a set of variables located in each device or node of the network, that allows to define the identity of each device, along with a set of properties associated to the devices. The used devices are systems on a chip, that include the protocol processor, transceiver, memory for: firmware, data, logic variables, temporary scenes and V-Logic code. The technology is appropriate for the local electricity networks. PowerBus shows evidences of to be developed from CEBus, with improvements of security, privacy, routing and access to Internet by means of gateways.

* Research Work

** Faculty of "Ingenierías Fisicomecánicas", "Maestría en Informática"
Director: Gualdrón González, Oscar

INTRODUCCIÓN

Se inicio en 1998 el trabajo orientado a transmitir datos de baja velocidad por las líneas de energía eléctrica de baja tensión (120 Vac o 220 Vac) utilizando CEBus (“Consumer Electronic Bus”). Han ocurrido muchas cosas desde esa época hasta la fecha. El mercado de control se movido hacia las redes inalámbricas de alta y baja velocidad, en particular Bluetooth, GSM, Wi-Fi, HiperLAN y Zigbee, que junto a tecnologías propietarias han forzado a los fabricantes de tecnologías para transmisión por línea de potencia a ser innovadores y agresivos comercialmente.

En el camino apareció Microsoft, sin embargo su iniciativa llamada SCP, por ser un intento de monopolizar CEBus, no pudo siquiera despegar. “Echelon Corporation”, con productos costosos pero muy divulgados, tiene un estándar ANSI/EIA, la licencia es costosa y por ende las ganancias son básicamente para Echelon.

El haber escogido finalmente al protocolo “PowerBus” de “Domosys Corporation”, uno de los fabricantes de mayor experiencia en el área, participante activo en la normalización de CEBus obedece a razones de practicidad luego de los reveses al querer trabajar con CEBus y luego con SCP. Costo no muy elevado, comparado con Lonworks de Echelon, diseñado con fundamento en lo bueno de CEBus y LonWorks, hecho para una nueva generación de redes de control por línea eléctrica.

Este reporte final de Tesis se concentra en la tecnología seleccionada, “PowerBus”, y en la solución al problema planteado desde el comienzo de la investigación. Se espera haber cumplido los objetivos, e incluso haber ido un poco más allá de lo inicialmente estipulado.

1. DEFINICIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este trabajo se abordará el problema de la transmisión de datos, en particular del consumo de energía eléctrica de clientes de una subestación eléctrica, a lo largo del cableado de energización, dentro de las instalaciones residenciales o externamente iniciando desde el contador o la acometida eléctrica del cliente y terminando justo antes del primer transformador de distribución o terminando en la acometida de otro cliente, proveniente del mismo transformador de distribución.

Además se cubrirá, la transmisión de los datos a partir de un dispositivo o equipo computarizado y la recepción de los mismos por parte de otro dispositivo o equipo computarizado.

Los datos del consumo se simulan en el extremo transmisor para probar el comportamiento de la línea de energía en diversas condiciones. Después de la recepción se almacenan y procesan para que se conviertan en material de análisis del desempeño de la línea y los elementos empleados en la comunicación.

El problema en esencia se centra en la verificación de la tecnología "PowerBus" (Bus de Potencia) como recurso para el envío de datos por la línea eléctrica de baja tensión, dentro de las restricciones que plantea el protocolo para este medio de transmisión, como por ejemplo, la baja velocidad (menor a 10000 bps) y la limitación de la corta longitud de los mensajes o transacciones a nivel de enlace, los cuales se basan en peticiones y respuestas, en un esquema maestro/esclavo.

Diversas condiciones afectan el desempeño de las líneas de energía para ser utilizadas como medio de propagación de datos, se destacan: el ruido

electromagnético, las variaciones de impedancia, de corriente y de tensión. La velocidad de transmisión, el ancho de banda y la tasa de errores en las transmisiones, que son parámetros críticos en todo canal de datos, tienen en las líneas de potencia mayor complejidad.

Por otra parte, el servicio de energización a los equipos de los clientes debe mantenerse dentro de niveles aceptables, mucho más dentro de las condiciones actuales y futuras, derivadas de la cada vez más estricta regulación del servicio y de las condiciones de competencia para los operadores de distribución de energía. Los elementos a utilizar en la comunicación deberán influir muy poco en las condiciones de operación electromagnética de: los electrodomésticos, motores, equipos de electrónica de consumo, equipos de comunicación y demás dispositivos energizados por la línea usada como portadora de datos.

Pero, las líneas de energía usadas comercialmente como canal de comunicación deberán utilizar recursos “hardware” y “software” económicos, de manera que se pueda masificar su aprovechamiento. La potencialidad de uso económico por medio de diversos servicios es elevada y ofrece retos a la creatividad del ser humano.

1.2 PREGUNTA DE LA INVESTIGACIÓN

¿ Es posible adoptar la tecnología “PowerBus”¹ (Bus o barraje de potencia) al entorno local de distribución, medida y tarificación del consumo de energía eléctrica?

¹ Es conveniente señalar aquí, que la tecnología “PowerBus”, es una arquitectura de comunicaciones para la implantación de redes de monitoreo y control de baja velocidad sobre las líneas de energía eléctrica domiciliarias, con conectividad a redes TCP/IP a través de compuertas PowerBus-TCP/IP. “PowerBus” permite expandir la conectividad de las redes de control más allá del ámbito del computador y sus periféricos, para incluir los sistemas embebidos y las soluciones de control en un circuito integrado (“SoC: System on a Chip”), incluyendo los dispositivos autónomos de control distribuido basados en microcontroladores y procesadores digitales de señal (“DSPs”). “PowerBus” busca permitir la comunicación por interconexión en red de los equipos de uso doméstico, por medio de diferentes medios físicos de comunicación, entre ellos los conductores de las redes eléctricas residenciales, los cuales se convierten en el primer tipo de enlace donde se implementa “PowerBus”.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Implementar un sistema de transmisión y recepción de datos, el cual utilice las líneas de distribución de energía como canal de comunicaciones.

1.3.2 Objetivos específicos

- a. Identificar los protocolos y técnicas de la tecnología “PowerBus” necesarios para la solución del problema.
- b. Identificar aspectos críticos y bondades de la tecnología “PowerBus”.
- c. Realizar el montaje y configuración del transmisor de datos del consumo de energía.
- d. Realizar el montaje y configuración del receptor de datos del consumo de energía.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Las siguientes son algunas de las razones que dan trascendencia al problema planteado y al trabajo de investigación en general:

- a. Las crecientes exigencias de calidad y continuidad del servicio de distribución de energía eléctrica.
- b. El auge y asombroso avance de Internet, que con el tiempo terminará asignando direcciones de interconexión (direcciones IP) a muchos de los diversos elementos energizados por la red eléctrica, y la necesidad imperiosa de caminos aptos para el envío y recepción de datos a dichas estaciones.
- c. La competencia entre operadores de distribución de energía eléctrica.
- d. La existencia de un respaldo teórico y experimental fuerte en el tema.
- e. El auge económico y particularmente comercial, inmediato y prolongado, de las tecnologías a utilizar, así como de los servicios y valores agregados que se ofrecerán sobre las redes eléctricas.
- f. La existencia de antecedentes de protocolos y normatividad asociada para la transmisión y recepción de los datos por la línea eléctrica, de poca

penetración y con serias deficiencias de conectividad TCP/IP como el estándar ANSI/EIA 600 (“Electronic Industries Alliance”, estándar número 600).

- g. El ámbito tecnológico en el área en que se encuentra inmerso Colombia, dada la competencia entre las tecnologías Europeas y Americanas.
- h. La posibilidad de ofrecer soporte teórico y experimental a la necesidad local de disminuir las pérdidas en la distribución de energía.
- i. La importancia y magnitud de las empresa que promueve y desarrolla la tecnología “PowerBus”, que a pesar de ser propietaria, no es tan cerrada como los es la tecnología “LonWorks”, que contradictoriamente sí tiene un estándar (ANSI/EIA 700.1 y 700.2).
- j. La oportunidad de profundizar teórica y experimentalmente en dos novedosos y dinámicos campo de la telemática, la domótica y las redes de control.
- k. La posibilidad de apropiar conocimiento que potencie la adecuación de tecnologías y que como consecuencia propicie la generación de riqueza y bienestar económico en el entorno local y nacional. (Es preciso señalar, que se requiere la difusión de dicho conocimiento).
- l. Los bienes y servicios asociados a las comunicaciones aportarán significativamente en el Producto Interno Bruto de Colombia en los próximos años, en particular las comunicaciones en redes dentro de los hogares e industrias y las que se implementen sobre las redes de servicios de energía contarán drásticamente en ello.
- m. La ventana de investigación que se abre para las líneas de investigación de tratamiento de señales y de telemática es muy amplia, de gran utilidad y diversidad.

1.5 EL PROPÓSITO

Explorar y promover nuevas aplicaciones del tratamiento de señales y de la telemática dentro de un enfoque de experimentación, adecuación y apropiación de

tecnologías que propicien, en el ámbito local, el fortalecimiento y desarrollo de algunos de los más estratégicos sectores de la economía globalizada contemporánea: la informática, las telecomunicaciones y el sector energético, en particular eléctrico.

1.6 ANTECEDENTES

A continuación se presenta una recopilación de antecedentes legales, históricos e investigativos.

1.6.1 Antecedentes legales

La Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG ha fijado los indicadores de calidad DES y FES para la medición del tiempo de interrupción y la cantidad de interrupciones del servicio de energía en los circuitos de distribución, por medio de la resolución número 25 de 1999; y ha emitido otra serie de regulaciones como las resoluciones 13 de 1999 "Desviaciones en la demanda horaria de potencia" y 22 de 1999 "Porcentaje de la contribución de la regulación", las cuales afectan en forma directa las utilidades de los distribuidores de energía; de igual modo la CREG ha generado otras resoluciones para las empresas generadoras, de interconexión y transmisión, las cuales de forma indirecta afectan las utilidades de las empresas distribuidoras y la calidad del servicio que ellas puedan prestar.

Así mismo el Ministerio de Comunicaciones y la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones han establecido y reforzado las normas de telecomunicaciones, para procurar el uso eficiente del espectro, la libre competencia y el ofrecimiento de servicios agregados; algunas normas son el Decreto 1223 de 1998 "Cuadro Nacional de atribución de bandas de frecuencia", y el Decreto 365 de 1999 "Medidas para el uso racional y eficaz del espectro radioeléctrico". Por recomendación del Fondo Monetario Internacional, el Ministerio de Comunicaciones expedirá próximamente un Código de Telecomunicaciones que unifique la legislación en el área, así como se encuentra en la fase ejecutoria de la llamada "Agenda de las Comunicaciones" que pretende

entre otras cosas masificar el servicio de Internet sobre diferentes medios de transmisión. Es pues evidente, el interés del estado en consolidar los sectores informáticos y de telecomunicaciones, así como es imperioso estar pendientes a la existencia de vacíos o limitaciones de normatividad en lo referente a la transmisión de datos en las redes de distribución de energía eléctrica.

Otro punto clave en la legislación actual y en trámite, es la fuerte decisión hacia la privatización de los servicios públicos de energía y comunicaciones. Ello conllevará a la búsqueda de los propietarios de las empresas del sector eléctrico a buscar mayor usufructo de los utilitarios que posean, en particular las redes de distribución.

Finalmente se debe destacar la regulación antimonopolio y los mecanismos de competitividad que establezca el gobierno entre las empresas prestadoras del servicio de energía domiciliaria, así como los tipos de servicios de valor agregado que permita ofrecer a dichas empresas.

1.6.2 Antecedentes históricos

Desde la década de los ochenta, en las líneas de transmisión se llevan algunos datos de control y monitoreo. Con el tiempo, las redes de transmisión se han constituido en soportes físicos para sostener redes de fibra óptica, en particular la red del sistema interconectado nacional de ISA (Interconexión Eléctrica S.A.).

En líneas de distribución, principalmente hacia algunos clientes industriales, se llevan algunos datos de límite de consumo, pero mediante pulsos y con velocidades muy bajas (menores a los 600 bps).

De destacar, la preponderancia que ha tenido Santander y su Ingeniería en el sector eléctrico, desde la llegada de las primeras plantas de generación de energía a Colombia.

En el ambiente de la Universidad Industrial de Santander existe la anécdota, no documentada, de que en sus albores algún directivo difundía mensajes de audio por la red eléctrica a algunas de las dependencias de la UIS.

1.6.3 Antecedentes investigativos

Desde la década de los sesenta se tiene referencia de investigaciones en la transmisión de datos por las líneas de energía. Pero es en realidad a partir de la década de los ochenta cuando se pone de moda el tema fuertemente; en la base de datos de la IEEE "INSPEC Bibliographic Database", se encuentra gran número de artículos al respecto.

Es notable que con el tiempo la investigación tiende a orientarse hacia las técnicas de espectro expandido ("Spread Spectrum") y multiplexación ortogonal por división de frecuencia (OFDM: "Orthogonal Frequency Division Multiplexing"), por sus características ventajosas frente al ruido electromagnético y por su menor influencia en el comportamiento de la red eléctrica (Impedancias, balance de las fases, pérdidas y armónicos de la frecuencia de línea y otros).

Se destacan los artículos:

- (1) High frequency noise power spectrum, impedance and transmission loss of power line in Japan on intrabuilding power line communications. Tanaka M. Consumer Electronic, IEEE Transactions on. May, 1988. Accession_No. 3213083.
CD-ROM: IEL_0120.CNF
- (2) Distribution line communications using CSMA access control with priority acknowledgements. Onunga, J. Donaldson, R.W. April, 1989.
CD-ROM: IEL_0005.CNF
- (3) Power line modems and networks. Broadbridge, R. London, 1989. Telecommunications, IEEE National Conference on.
CD-ROM: IEL_0017.OTH
- (4) Communicating over electric distribution lines. Robinson, P.B. October, 1990. IEEE Potentials. Accession_No. 3890876.
CD-ROM: IEL_0034.PER
- (5) A token passing network for powerline communications. Geshon, R. Propp, D. Propp, M. Consumer Electronics, IEEE Transactions on. May, 1991

CD-ROM: IEL_0028.PER

- (6) Digital communication on electric power lines using waveform modification : bandwidth requirements. Ningo, N.N. Kwankam, S.Y. Bilinkha, J. B. Ngundam, J. M. Sone, M. August, 1992.

CD-ROM: IEL_0056.CNF

- (7) A high performance power line spread-spectrum modem LSI for home bus system. Endo, K. Takahashi, N. Tsumura, S. 1992

CD-ROM: IEL_0011.CNF

- (8) Design considerations for implementation of large scale automation meter reading systems. Mak, S. Radford, D. Power Delivery, IEEE Transactions on. 1992

CD-ROM: IEL_0079.PER

- (9) Direct sequence spread spectrum a proven technique for distribution line carrier systems. De Wilde, W. R. Simpson, M C. S. Tweedy, S. B. Jones, A. I. Metering apparatus and Tariffs for Electricity Supply, 1992.

CD-ROM: IEL_0010.OTH

- (10) Determination of the optimum packet length and buffer sizes for the consumer electronics bus. Yang, J. Manikopoulos, C. N. 1992

CD-ROM: IEL_0048.PER

- (11) Power line as a communication medium for remote metering. Nunn, C. IEEE Colloquium on "Electrical Engineering in the Water Industry". Digest No. 1994/074

CD-ROM: IEL_0016.OTH

- (12) Multiple access performance of differential DS/SS systems for power line data transmissions. Tsuzuki, S. Mizumoto, K. Tazaki, S. Yamada, Y. Proceedings of Globecom '95. November, 1995. Accession No. 5316494

CD-ROM: IEL_0104.CNF

- (13) Communications field trials for total metering. Newbury, J. Power Delivery, IEEE Transactions on. April, 1996.
CD-ROM: IEL_0096.PER
- (14) Spread spectrum transmission on residential power line. Marubayashi, G. Tachikawa, S. Spread Spectrum Techniques and Applications Proceedings, 1996.
CD-ROM: IEL_0136.CNF
- (15) Spread spectrum data transmission system using the earth returning circuit on a low voltage distribution line. Ozawa, Y. Arai, T. Khono, R. Spread Spectrum Techniques and Applications, Proceedings. September, 1996.
CD-ROM: IEL_0136.CNF
- (16) Frame synchronization for frequency redundant transmission of data over power lines. Arzherger, M. Dosterk, K. September, 1996.
CD-ROM: IEL_0136.CNF
- (17) Spread spectrum data leap through AC power wiring. Radford, D. IEEE Spectrum. November, 1996.
CD-ROM: IEL_0109.CNF

Artículos de los años 1995 hasta la fecha se encuentran en páginas de muchos sitios de Internet, y se concentran en la implementación de la tecnologías X-10, CEBus, Lonworks, Konnex, Echonet, LNCP, HNCP y muchas tecnologías propietarias. A pesar de la existencia de estándares, en particular para LonWorks y para CEBus, ninguna ha logrado destacarse como una solución domótica real de amplia penetración. El elevado costo, la poca conectividad TCP/IP, la dificultad de implementación de soluciones finales, los intereses comerciales y otros factores son evidentes en la diversidad de tecnologías existentes.

A mediados del año 2000, el “CEBus Industry Council” (dependiente de CEA o “Consumer Electronic Association”, que a su vez es miembro esencial de la EIA o “Electronic Industrie Alliance”) manifestó su decidido apoyo a la iniciativa de la compañía “Microsoft Corp.” de liderar el desarrollo de una infraestructura de

comunicaciones por las líneas de potencia alrededor de su protocolo SCP o “Simple Control Protocol”. Igualmente adhieren a Microsoft Corp., empresas como The Leviton Manufacturing Co. Inc, Motorola Paging Inc, Panasonic Inc, IBM Corp., Thomson Consumer Electronics, Honeywell, Intel, Smart Corporation, Media Systems, Itran Communications Ltd. y Mitsubishi Electric Corp. (ahora Renesas Technology Corp.). Sin embargo, Microsoft ha dado un silencioso y no feliz término a este desarrollo, confirmado en Octubre del 2003 a través del correo electrónico.

La empresa “Domosys Corporation”, era junto a Intellon Corp. e Itran Communications, los fabricantes de circuitos integrados para CEBus. De otra parte, Itran, el elegido por Microsoft para desarrollar SCP, luego de también haber invitado al proceso a Domosys, desarrollo su propio protocolo para transmisión por línea de potencia, protocolo para el cual Microsoft ha suspendido el soporte.

Considerando lo anterior, Domosys, desde el año 1999, antes de verse afectado por la decisión de Microsoft reorganizo sus líneas de investigación y de producción hacia un nuevo protocolo, al cual denominó “PowerBus”, en el cual ha pretendido corregir los errores de CEBus, LonTalk y SCP.

1.7 DELIMITACIÓN

Se enuncia ahora la delimitación: espacial, cronológica y conceptual.

1.7.1 Delimitación espacial

El trabajo de campo se realizó en algunas instalaciones residenciales sobre líneas de energía eléctrica de baja tensión en Bucaramanga.

Para las pruebas se utilizaron laboratorios de las Unidades Tecnológicas de Santander.

1.7.2 Delimitación cronológica

La investigación en el tema se inicio en enero de 1998 y la intención inicial era definir la banda de frecuencias adecuada y las técnicas de modulación a emplear en la transmisión de los datos. También se pretendía definir características de un protocolo a utilizar en la transmisión.

Desde 1980 los japoneses vienen trabajando en el tema. Se tiene conocimiento de artículos que nigerianos han presentado desde 1985. Por Europa y Estados Unidos, el trabajo de Investigación se orientó desde principios de los ochenta a competir por el mercado, incluso antes de tener prototipos y soluciones finales.

Las tecnologías para transmisión sobre portadora de línea de potencia (PLC, "Power Line Carrier") de baja velocidad se encuentran todavía en su fase inicial de comercialización, pero la diversidad de la base instalada de productos y artefactos alimentados por energía eléctrica tiene apenas interconectividad local.

Se destacan los trabajos y productos de prueba y algunos ya comerciales asociados a Lontalk (de la empresa "Echelon Corporation") y a "PowerBus".

1.7.3 Delimitación conceptual

El trabajo se centrará principalmente en la transmisión y recepción de los datos, en la identificación de características del protocolo "PowerBus" y la señalización asociada para transmisión de datos de baja velocidad sobre la línea de energía eléctrica. El análisis espectral será comprobatorio. No se diseñarán nuevos protocolos ni se contrastarán con otros como tarea esencial. Es decir, el trabajo de investigación se enmarca dentro del concepto "PowerBus" y se aproxima a los conceptos básicos más pertinentes de la arquitectura de servicios que el directamente ofrece. Se utilizan conceptos básicos de comunicaciones y la técnica esencial de modulación (en proceso de patente para "Demosys Corp.") se denomina RYSK ("Raw Yaw Shift Keying") y es una técnica de modulación de banda angosta. Puesto que "PowerBus" es una arquitectura de red de comunicaciones para dispositivos "host", implica la utilización y manejo conceptual de las arquitecturas de redes de comunicaciones por capas, como lo son OSI ("Open System Interconnection") y TCP/IP ("Transport Control Protocol/Internetworking Protocol").

2 DISEÑO METODOLÓGICO

2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue aplicada y cuantitativa. Se realizó un proceso de asimilación de tecnología. Adicionalmente la investigación fue de naturaleza descriptiva puesto que se trató de comprender y extraer características de la tecnología utilizada para la transmisión de los datos.

2.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población de estudio la constituyeron los recursos eléctricos de acometida e instalación interna de usuarios de la red de distribución de energía eléctrica de Bucaramanga a baja tensión (120V); y específicamente, las acometidas e instalaciones eléctricas internas de un pequeño número de suscriptores o de clientes energizados a partir del mismo transformador de distribución.

2.3 METODOLOGÍA

La metodología utilizada implicó la realización de pruebas y experimentos, la documentación y consulta, el estudio y selección de “hardware” y “software” a utilizar (con criterios de normalización, bajo costo, confiabilidad, disponibilidad y vigencia).

Para identificar los protocolos y técnicas de la tecnología “PowerBus” necesarios para la solución del problema, se realizó una recopilación y estudio de la literatura, limitado al ámbito del medio de transmisión PL (“powerline”) y a lo pertinente al problema de investigación planteado. Luego se seleccionaron los elementos “hardware” y “software” más adecuados para la configuración e instalación del conjunto transmisor-receptor en una red maestro/esclavo, mediante el estudio individual de manuales y especificaciones de módulos o “kits” de experimentación.

Una vez se selecciono el equipo y el “software”, se realizó el montaje y pruebas de estudio y configuración de estos recursos, en particular, los módulos controladores de comunicaciones. De esta forma se pretendió cumplir con los objetivos: "Realizar el montaje y configuración del transmisor" y "Realizar el montaje y configuración del receptor".

Respecto a la identificación de los aspectos críticos y bondades de la tecnología “PowerBus”; el conocimiento teórico de las principales características de la arquitectura y los protocolos de “PowerBus”, junto con el conocimiento teórico y las habilidades prácticas sobre los elementos para experimentación (líneas de energía, módulos transmisor-receptor, computadores y equipos de laboratorio), se diseñaron experimentos que generaron datos y resultados utilizados en el análisis, en pro del cumplimiento del objetivo mencionado.

En la ejecución del objetivo antes señalado, se determinaron anchos de banda y velocidades de transmisión típicas en las líneas de distribución con la tecnología “PowerBus”. Se analizaron los resultados para estos parámetros a la luz de la teoría disponible en algunos estudios de la literatura relativa al tema.

2.4 RECURSOS TECNOLÓGICOS

En la configuración de la red, instalación y pruebas, se utilizaron los siguientes recursos:

- a. “Software”: “PowerBus Development Tool version 3.0.0”, “Power Bus Installation Tool version 3.0”, “PowerBus Burn-in Tool version 3.0”, “FlukeView Scope Meter version 4.1”, “LabView Professional Development System version 6.1” y “Borland C++ Builder Pro 6.0”.
- b. “Hardware”: “PowerGate modem”, “PowerCard modules” (dos), computadores (dos) en ambiente “Windows” 98.
- c. Recursos eléctricos y electrónicos: dos contadores (medidores) electrónico y electromecánico, líneas de baja tensión (120 Vac), aparatos de mediciones eléctricas (multímetro y “Fluke Scope Meter”).
- d. Circuitos de prueba sobre “protoboard” o tablero de experimentación.

3 MARCO TEÓRICO

Se presenta en este capítulo un condensado contenido teórico de “PowerBus” que incluye: descripción, circuitos integrados, propiedades de dispositivos, la interfaz de programación de aplicaciones, eventos, variables virtuales, conceptos de red, lógica maestro/esclavo, configuración de una red lógica; seguridad y cifrado; el lenguaje “V-Logic”, el circuito de interfaz al medio, la topología de red y elementos usados en los nodos.

3.1 DESCRIPCIÓN DE “POWERBUS”

La firma “Domosys Corporation” creada en 1994 es canadiense y originalmente producía circuitos integrados, “software” y equipos compatibles con CEBus. Desde el año 2001 ha discontinuado la producción de esa línea e incluso el soporte técnico lo mantuvo tan solo hasta el año 2002. A partir de su experiencia con CEBus ha desarrollado una tecnología que denominaron “PowerBus” para trabajar la línea de potencia con la cual pretenden solucionar diversos problemas de CEBus y mejorar sus condiciones de mercadeo, pues en últimas se mueven hacia una tecnología apta para un mercado mundial y no solo regional como CEBus.

“Domosys Corp.” es una firma miembro de la Asociación Continental de Construcciones Automatizadas CABA (“Continental Automated Building Association”), de la Asociación para Lectura Automática de Medidores AMRA (“Automatic Meter Reading Association”) , la Iniciativa para Compuertas de Servicio Abierto OSGi (“Open Service Gateway Initiative”), así como de la asociación de convergencia de estándares europeo para automatización del hogar Konnex.

La empresa argumenta diversas razones para discontinuar la línea CEBus y su incursión en nuevos esquemas de transmisión por la línea de potencia. Respecto a la interoperabilidad plantea la excesiva dificultad que puede tener un fabricante de aparatos (electrodomésticos) para la configuración de un dispositivo CEBus, porque tiene que incorporarle los diferentes perfiles de dispositivos con los cuales tendría que interactuar el equipo, mediante la escogencia adecuada de contextos y objetos tipo CEBus que definan esos perfiles. Luego, la potencia computacional de cada dispositivo CEBus y la necesidad de tráfico de datos en la red podría ser elevada, además de la posible ausencia de compatibilidad con otros electrodomésticos, simplemente porque hizo falta un contexto o un objeto, o que no fue plenamente definido un perfil de electrodoméstico.

Junto a lo anterior se encuentran los costos derivados del aprendizaje de los instaladores y técnicos, de las herramientas “software” y “hardware” necesarias. El problema se traslada entonces, a los costos de producción y de soporte al cliente, haciendo difícil y costosa la actualización, y por ende, el masificar y garantizar la permanencia de la tecnología se vuelve un problema de supervivencia empresarial. Otra razón y muy válida, es la ausencia de características de alta confiabilidad en la transmisión de datos en CEBus, como por ejemplo, no utiliza técnicas de corrección de errores en el destino FEC (“Forward Error Correction”), rechazo del ruido impulsivo y manejo adecuado de la atenuación de las señales en la línea.

Por otra parte, en Europa bajo las regulaciones CENELEC (“European Committee for Electrotechnical Standardization”) no se permite que las tecnologías de comunicación por línea de potencia se extiendan más allá de los 148,5 KHz (nótese que CEBus opera entre los 100 a los 400 KHz) y con fuertes limitaciones de relación señal ruido. Adicionalmente en algunos países, la banda de los 95 KHz a los 105 KHz se utiliza para sistemas de navegación aérea, y una inadecuada instalación de CEBus podría radiar suficiente energía para interferir dichos sistemas.

La técnica de modulación que utiliza es una variante BPSK desarrollada por "Domosys Corp." para cumplir con las regulaciones sobre radiaciones y uso del espectro FCC (Estados Unidos), ICES-006 (Canadá) y CENELEC (Europa). Para las líneas AC a 60 Hz se trabaja con una tasa de transmisión de 6 Kbps; para las líneas AC a 50 Hz se trabaja con una tasa de 5 Kbps; mientras que en líneas DC y par trenzado se logran velocidades de 20 Kbps.

El tamaño de los paquetes se limita a 49 "bytes" para minimizar la latencia. La técnica de control de acceso al medio es por competencia tipo CSMA/CA ("Carrier Sensing Multiple Access with Collision Avoiding") enriquecida con niveles de prioridad junto con un algoritmo de retroceso exponencial para minimizar las colisiones, utiliza corrección de errores en el destino FEC ("Forward Error Correction") para combatir los entornos ruidosos y se emplea un código de redundancia cíclica CRC ("Cyclic Redundance Code") de 16 "bits" para la técnica de retransmisión automática ARQ en pro de garantizar la detección de errores.

Para la implantación tipo igual a igual o "peer to peer", se permiten tres tipos de servicios de mensaje a nivel de enlace: servicio direccionado sin reconocimiento usado para mensajes de multidifusión y difusión total; servicio direccionado con reconocimiento para usar en los mensajes hacia un único destino; y servicio no direccionado sin reconocimiento, para propósitos de diagnóstico y nunca para operación normal.

Para la implantación que se utilizó en este trabajo tipo maestro/esclavo, hay básicamente dos tipos de mensajes: petición y respuesta. La petición la genera el nodo maestro, y la respuesta, la genera el nodo esclavo por invitación del nodo maestro.

Hay dos series de circuitos integrados para la implantación "peer to peer", que son U-510 y U-520 en los cuales se embebe el protocolo. Para la implantación maestro/esclavo, dispone de las familias de circuitos integrados U-530 y U-540. Aunque en esencia las dos series de integrados tienen la misma arquitectura.

Un sistema "PowerBus" estará compuesto de dos o más dispositivos configurados dentro de una misma red lógica. Cada dispositivo incluye un transreceptor ("transceiver") que contiene la pila completa del protocolo y el código de la aplicación se almacena en memoria tipo "flash", de manera que sea flexible y fácil su actualización. La memoria puede ser actualizada en forma remota a través de la red, para reparar errores y agregar nuevas características al protocolo. Además, puesto que la lógica de la aplicación está almacenada en memoria tipo "flash", el dispositivo puede ser reconfigurado en la instalación para hacer los ajustes que el "hardware" permita. Ello permitirá a los desarrolladores concentrarse en el diseño y configuración de soluciones robustas pero no estáticas o evolucionables para poder satisfacer las futuras solicitudes de los clientes. Y la licencia gratuita para el uso de los productos y el código del protocolo, de manera que el instalador no tenga que correr con el tedio de estar registrando cada nodo que instale.

PowerBus es construida sobre un esquema de protocolo de comunicaciones de doble vía de igual a igual ("peer-to-peer") ó maestro/esclavo, para redes de control sobre líneas AC, DC y par trenzado. Sin embargo, las dos implantaciones pueden coexistir puesto que ambas usan CSMA/CA como protocolo de control de acceso al medio.

"Demosys Corp." desarrollo dos conceptos esenciales para su tecnología llamados "Virtual Variables" (V2) y "V-Logic", los cuales permiten establecer una estructura simple a través de la cual los dispositivos "PowerBus" se comunican entre sí.

Una red "PowerBus" maestro/esclavo incorpora siempre dos tipos de nodos: un nodo esclavo que funciona bajo la supervisión del nodo maestro y un nodo maestro, que es el administrador de la red lógica. Fundamentalmente, los nodos esclavos no se comunican entre sí y transmiten solo ante invitación del nodo

maestro. El papel de un nodo "PowerBus" desde la perspectiva del protocolo es hacer disponibles sus variables virtuales a otros dispositivos en la red, ejecutar los escenarios desarrollados dentro del lenguaje "V-Logic", así como mantener estadísticas de las comunicaciones para usar en el servicio de gestión del "bus". De esta manera el instalador decide que perfiles y que dispositivos se intercomunican, haciendo más liviana y flexible la configuración e instalación. Ahora, el instalador puede ser una persona técnicamente apta para realizar la labor en la instalación residencial, un administrador de red remotamente conectado a una red residencial particular o pudiera ser el dueño del sistema, con ayuda de completas herramientas "software" de instalación y gestión; opciones que en definitiva buscan un mercadeo amplio y de diferentes rangos de costo para el usuario.

Un nodo maestro se define sobre un integrado U-530 que actúa como gestor o como amo de la red. Ese nodo es responsable de descubrir los nuevos nodos en la red, de la adquisición y distribución de direcciones, la administración de la seguridad (encriptación de los mensajes), manejo del enlace y reporte de fallas. Actúa también como servidor para las actualizaciones, para a través de él realizar la actualización de cualquier otro nodo de la red lógica de su dominio.

Cada nodo administrador puede soportar hasta 1021 nodos. Pueden coexistir hasta 1021 redes lógicas (cada una con su propio nodo maestro) sobre el mismo medio, con independencia una de otra a partir del nivel de enlace de datos; incluso, cada una puede tener una base de encriptación de mensajes diferente a pesar de compartir el mismo medio físico.

PowerBus incluye una característica de enrutamiento automático que busca garantizar conectividad total entre los dispositivos, que según el fabricante es similar a la que incluyen los enrutadores Cisco (el fabricante vendedor de enrutadores o "routers" para Internet de mayor participación del mercado). "PowerBus" según el fabricante está listo para Internet, versus CEBus que tiene graves limitaciones para ello.

Según “Domosys Corp.”, "a nivel de red" se incluye segmentación para manejo de mensajes largos y "a nivel de transporte" se incluye un servicio robusto de encriptado y desencriptado denominado Skipjack desarrollado por la agencia nacional de seguridad americana NSA liberado en 1998 (aunque ello implica por el origen del algoritmo que la seguridad no será para evitar el acceso a la red casera por parte del gobierno de Estados Unidos).

A nivel de aplicación, hay cuatro servicios adicionales: una API para “PowerBus”, el lenguaje “V-Logic”, un servicio de actualización del “firmware” y un mecanismo de revisión de integridad de red.

Entonces, la arquitectura de red de “PowerBus” comparada con el modelo OSI contiene características de cinco de las siete capas: física, de enlace de datos, de red, de transporte y de aplicación. Finalmente, la tecnología es compatible con las infraestructuras abiertas de servicios OSGi (“Open System Gateway Initiative”) y UPnP (“Universal Plug and Play”).

3.2 LOS CIRCUITOS INTEGRADOS “POWERBUS”

Los circuitos integrados “PowerBus” son una solución completa que incluyen dentro de un mismo “chip”, el procesador del protocolo, un procesador digital de señales, memoria de diferentes clases y un transceptor muy completo. Se pueden utilizar para redes de control y monitorización industrial, en el hogar y en las empresas de utilitarios.

La línea de circuitos integrados para modo de implantación maestro/esclavo se encuentra en su tercera generación, liberada justo a finales de noviembre del 2003; y de esa generación son los circuitos y el “firmware” que se utilizaron en este trabajo.

Dentro de los beneficios de la tecnología “PowerBus” se destacan: bajo costo, confiabilidad, aplicabilidad a diferentes medios físicos, amigable al desarrollador, lista para Internet, actualizable, interoperable, segura y poco contaminante pues satisface las normas FCC Part 15 Class B en Estados Unidos, CENELEC: EN 50065-1 en Europa y Canadá Industry: ICES-006.

Hay dos líneas de integrados para configuración maestro/esclavo: la serie U-530 para los nodos maestros y la serie U-540 para los nodos esclavos.

La Figura 1 compara el sistema en un “chip” de “Domosys” con las soluciones ofrecidas por otros fabricantes, nótese lo completo que es el circuito integrado” de “Domosys”.

El Cuadro 1 presenta un resumen de características de las diferentes líneas de circuitos integrados. La Figura 2 ilustra el diagrama a bloques funcionales de la serie de circuitos integrados U-530.

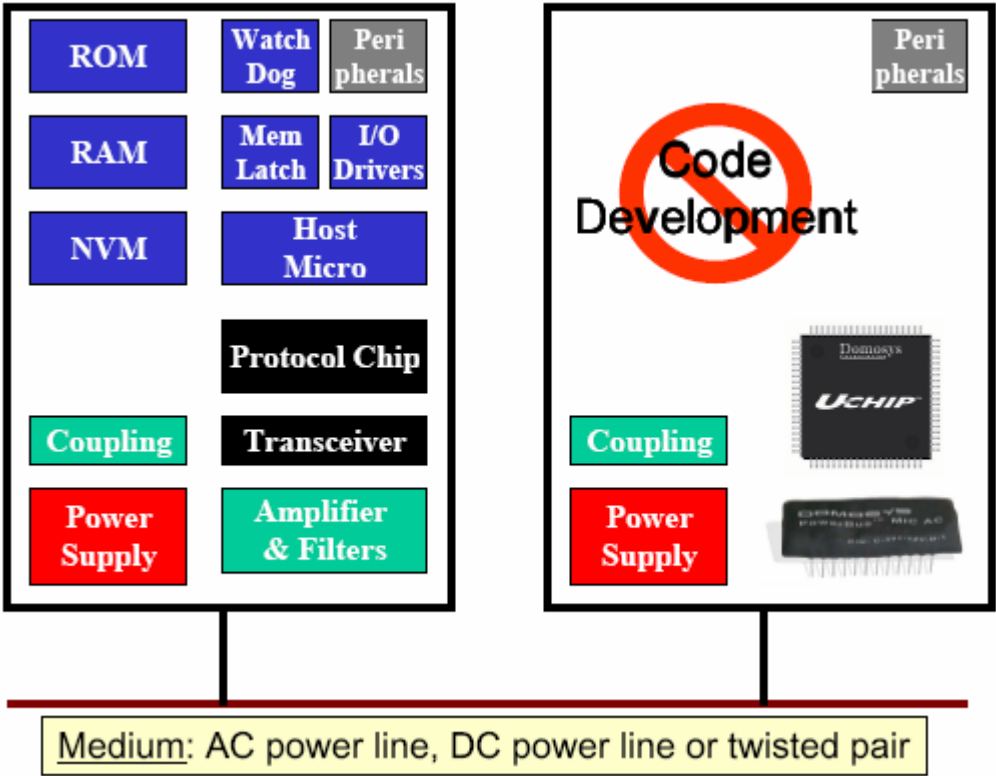
De otra parte, la Figura 3 muestra el diagrama de bloques funcionales para los circuitos integrados U-540.

Los circuitos integrados U-530 no tienen puertos de entrada/salida y los pines respectivos están reservados para uso futuro. No obstante ambos incluyen interfaz UART, “Universal Asynchronous Receiver Transmitter”, e interfaz SPI, “Serial Peripheral Interface”.

Los circuitos integrados “PowerBus” no se pueden conectar directamente al medio; para cumplir con las características del medio, se requiere una interfaz al medio específico sobre el que se transmitirá, y ello lo constituye MIC o “Médium Interface Card”. La Figura 4 ilustra la conexión de la tarjeta o circuito de interfaz al medio MIC con el circuito integrado “PowerBus”.

El circuito integrado es tan completo que permite una reducción de costos, puesto que incluye memoria y microcontrolador para aplicaciones pequeñas, como por ejemplo para lectura automática de medidores. En caso de aplicaciones de mayor dimensión computacional, se puede usar un procesador externo y comunicarse con el a través de la UART o de la SPI.

Los integrados “PowerBus”, llamados “U-chip” están contruidos alrededor de un microcontrolador RISC 8051 operando a 30 MHz y con 64 KB de memoria “flash” y 6 KB de RAM. Estos ASIC (“Application Specific Integrated Circuit”) tienen embebido el protocolo dentro de parte de la memoria “flash”.



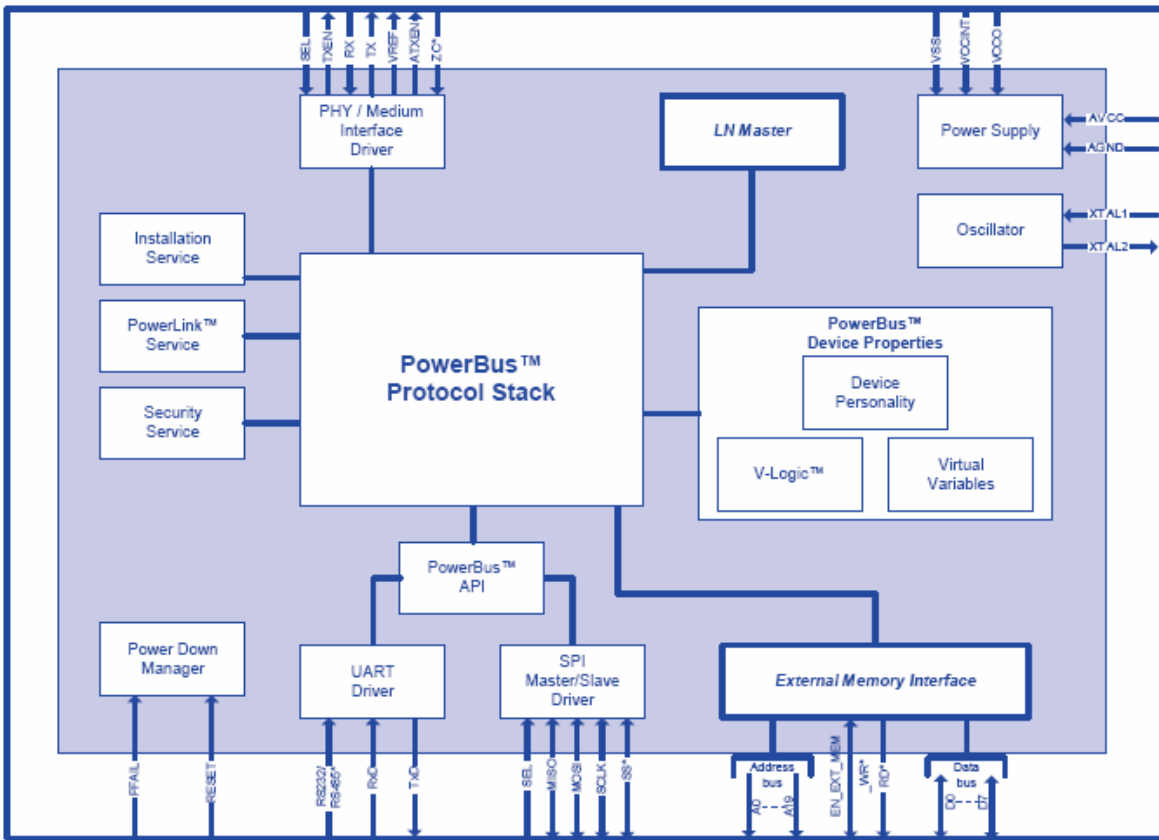
Fuente: Domosys Corporation

Figura 1 Comparación de la solución “Domosys” frente a las de otros fabricantes

Feature	U-530	U-540 80 pins	U-540 48 pins
Logical Network Topology	Master/ slave	Master/ slave	Master/ slave
Supported Media	AC/DC/ TP	AC/DC/ TP	AC/DC/ TP
PowerLink Service	✓	✓	✓
V-Logic Program Space	~1 KB	~1 KB	~1 KB
Local V ² s	0	48	48
Remote V ² s	-	-	-
TRIAC Driver		✓	✓
Pulse Counter		✓	✓
PWM Outputs		Up to 2	Up to 2
Digital 1-bit I/O		Up to 35	Up to 15
Digital 8-bit I/O		Up to 3	
Digital 16-bit I/O		Up to 3	
SPI Interface to 8-bit ADC		✓	✓
PowerBus API	✓	✓	✓
Asynchronous Serial Interface (UART)	✓	✓	✓
SPI Slave	✓	✓	✓
SPI Master: Number of slaves	1	2 (including external ADC)	2 (including external ADC)
PB Security Service/ 80-bit Encryption Key	✓	✓	✓
Supported Roles	Master	Slave	Slave
Number of Logical Networks (LN)	Up to 1021	Up to 1021	Up to 1021
Number of Slaves in a Master/Slave LN	Up to 1021	Up to 1021	Up to 1021
I/O Voltage	3.3 V/5 V tolerant	3.3 V/5 V tolerant	3.3 V/5 V tolerant
Operating Temperature Range	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C

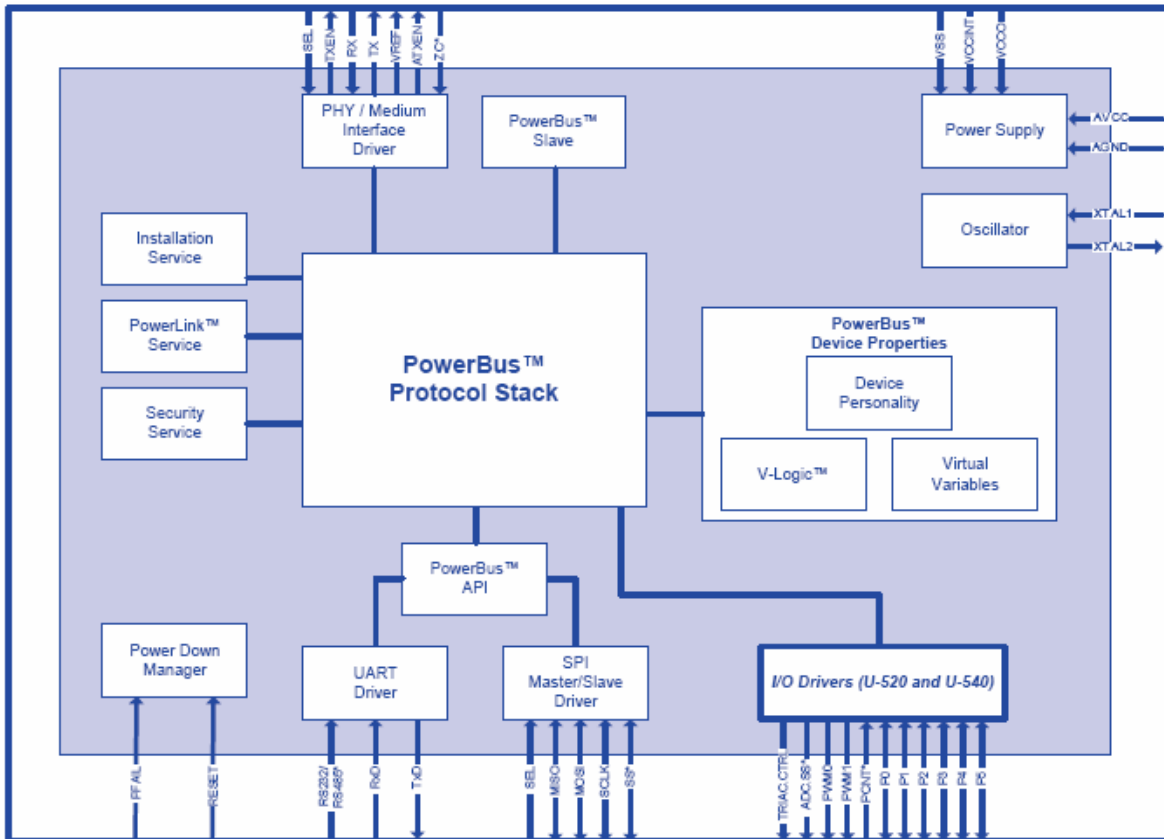
Fuente: Domosys Corporation

Cuadro 1. Resumen de características de las diferentes líneas de circuitos integrados



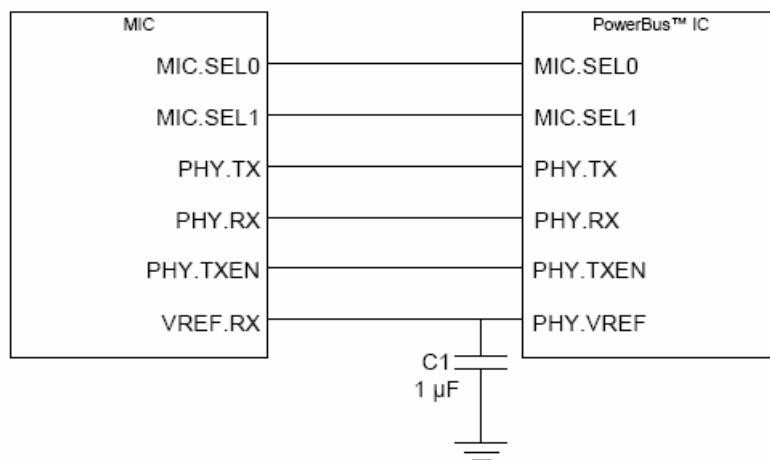
Fuente: Damosys Corporation

Figura 2 Diagrama a bloques funcional de la serie de circuitos integrados U-530



Fuente: Domosys Corporation

Figura 3 Diagrama a bloques funcional de la serie de circuitos integrados U-540



Fuente: Domosys Corporation

Figura 4. Diagrama de conexión de la tarjeta de interfaz al medio

3.3 PROPIEDADES DE DISPOSITIVOS

Los circuitos integrados “PowerBus” contienen una sección de campos de datos específicos, conocidos como “propiedades de dispositivos”, que definen la configuración o “personalidad” de los dispositivos “PowerBus”. Las propiedades incluyen la definición de variables virtuales específicas, los escenarios lógicos atribuidos al dispositivo, la información específica de fabricante y las llaves de cifrado. El anexo C ilustra esas propiedades.

La Figura 5 presenta los pasos para implementar la configuración de un dispositivo. Se definen la configuración de fábrica y luego la de instalación.

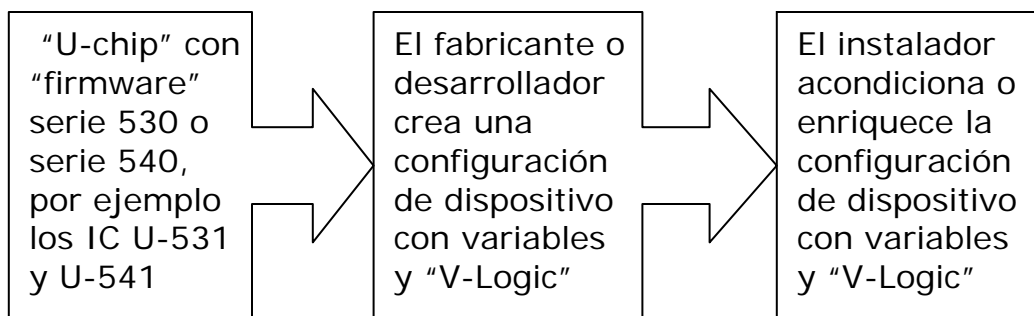


Figura 5. Pasos para implementar la configuración de un dispositivo “PowerBus”

Las propiedades son elementos de almacenamiento utilizados para almacenar datos de la configuración del dispositivo “PowerBus” así como de información relativa a la red. Esos datos se almacenan en formatos de tablas en memoria “flash”.

Las propiedades pueden ser utilizadas en la programación mediante el lenguaje “V-Logic” o mediante herramientas “software” especialmente elaboradas para ello. Hay propiedades definidas para su uso por “Demosys”, por los fabricantes de equipo original (OEM, “Original Equipment Manufacturer”) y por el instalador.

Las propiedades son creadas por el fabricante de los “U-chips”, “Demosys Corp.”, al momento de manufactura de los integrados y luego de la fabricación; estas propiedades no pueden ser modificadas por el fabricante de productos que utilicen los “U-chips”, ni por el instalador final.

También hay propiedades predefinidas que son del ámbito del fabricante de equipo original que utilice los “U-chips” y programables mediante la herramienta “software” “PowerBus Development” o mediante “software” especial que utilice la “API PowerBus”; éstas propiedades no pueden ser modificadas por el instalador si el fabricante ha activado la opción de bloqueo como debiera hacer.

Y por último, hay propiedades definidas previamente, que pueden ser programadas por el instalador mediante la herramienta “software” “Power Bus Installation” o mediante “software” con ese propósito que utilice la API.

Las variables virtuales son un tipo especial de propiedad, que se pueden crear al momento de la creación de un producto o al momento de la instalación, y son claves en la programación de desarrollo o de instalación (de campo) mediante el lenguaje “V-Logic”. Las variables pueden ser almacenadas en memoria “flash”, pero se recomienda almacenarlas en memoria RAM, para no malgastar la vida útil de la memoria “flash”.

3.4. LA INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES DE POWERBUS

La API de “PowerBus” la conforman un conjunto de primitivas (funciones básicas de comunicación) utilizadas para que un “host” intercambie datos con un circuito integrado “PowerBus” a través de SPI o de UART; e incluso puede ser utilizada para comunicar en forma remota a lo largo del canal físico.

El formato general de mensaje para una primitiva es el que se muestra en el Cuadro 2.

First Byte.....Last Byte									
1	2	3	4	5	6	7	8	9...N	N + 1
Control Byte	Data Length (MSB first)		Destination/Source Address			Transport Layer Header	Primitive Type	Primitive Arguments	Checksum

Fuente: Domosys Corporation

Cuadro 2 Formato general de una primitiva

El “byte” de control define el comienzo de un nuevo mensaje y está codificado para indicar cinco opciones: comienzo de un mensaje válido normal, mensaje de la primitiva anterior no fue adecuadamente recibido, ha ocurrido un vencimiento de un tiempo de espera de respuesta a un mensaje de primitiva anterior, dispositivo receptor se encuentra ocupado y que ha habido corrupción de la memoria “flash” en el dispositivo emisor del mensaje de la primitiva.

El campo de longitud contiene el número de “bytes” posteriores a este campo pero excluyendo el campo de revisión (“checksum”). La longitud máxima es de 256 (00FFh) en la versión 3.0 MS (“Master/Slave”) o maestro/esclavo.

El campo de dirección contiene el número de red lógica y la dirección de unidad del dispositivo dentro de la red. Este último está compuesto de dos partes: dirección de subred y dirección de nodo o estación. Sí el origen es el maestro, contiene la dirección destino y sí el destino es el maestro contiene la dirección origen.

Hay cinco tipos de servicios de transporte que se codifican en los tres “bits” más significativos del campo de encabezado de transporte: petición explícita (requiere respuesta), petición implícita (no hay respuesta), petición positiva condicional (hay respuesta sí hay un resultado para la primitiva originante del mensaje), petición negativa condicional (hay respuesta sí no hay resultado para la primitiva originante del mensaje), Resultado (respuesta a una petición satisfactoria) y Rechazo (respuesta a una petición no satisfactoria). Los cinco “bits” menos significativos, se utilizan para determinar el número de secuencia de los mensajes que salgan de un “host” o un dispositivo “PowerBus”.

Una petición puede ser local o remota. Una petición local se envía utilizando la dirección destino FFFFFFFh a través de la API únicamente para la comunicación del circuito integrado “PowerBus” local al respectivo “host” comunicado a él vía la UART o la SPI, y viceversa. En caso necesario, el receptor inicia una respuesta (de resultado o rechazo) a la petición.

Una petición remota se envía utilizando una dirección de dispositivo remoto o una dirección de difusión, con la intención de hacerla llegar a un dispositivo “PowerBus” remoto. Este tipo de petición se entrega al “U-chip” local para que lo transmita a través del medio hacia otro “U-chip”. Sí es necesario, el dispositivo remoto iniciará una respuesta a la petición (bien sea de resultado o de rechazo), la cual será pasada al “host” por el “U-chip” remoto. Tan solo el maestro puede enviar peticiones, los esclavos únicamente envían respuestas (de rechazo o de resultado).

El siguiente campo contiene el tipo de primitiva, el cual puede ser uno de los cuatro que se incluyen en el cuadro 3. Este campo se utiliza en primitivas tipo petición, no en respuestas o rechazos.

Name	Primitive Type	Description
From Host to Local or Remote PowerBus IC		
GET	01h	Used to read the value of a Property or a V ² .
SET	02h	Used to set the value of a Property or a V ² .
From Local PowerBus IC to Host		
REPORT	05h	Reports the value of a V ² , or reports an event.
From Host to Remote Host		
USER DEFINED	40h	Transfers pure data to a remote device

Fuente: Domosys Corporation

Cuadro 3 Lista de Peticiones

El penúltimo campo contiene los argumentos asociados a las diferentes primitivas, bien sea de petición o respuesta (incluyendo rechazos). Su longitud está asociada al tipo de primitiva y a los datos asociados.

Por ejemplo la primitiva “GET” permite solicitar el valor de una propiedad o variable virtual, cuyo tipo de dato puede tener diferente longitud según sea el tipo de dato (entero corto, booleano, carácter sin signo, flotante, dato hexadecimal, entero precisión larga, sarta, matriz o entero sin signo).

Una primitiva “SET” en cambio permite modificar el valor de una variable virtual o propiedad, mientras que La primitiva “REPORT” se utiliza para notificar la ocurrencia de un evento o el valor de una variable virtual.

A su vez la primitiva USER DEFINED permite la transferencia de datos a través del medio para que lleguen a un “host” remoto, sin ser procesados por el protocolo. Es un servicio de carga para las capas superiores (por ejemplo de aplicación) que pudiesen necesitarlo.

El último campo del formato es un “byte” que contiene un complemento a dos de todos los “bytes” anteriores a el, exceptuando el “byte” de control.

3.5 EVENTOS

Los eventos se utilizan en “PowerBus” para que los dispositivos reporten información al “host” y para ello utilizan la petición “REPORT”. El circuito integrado “PowerBus” reporta los eventos únicamente en forma local por medio de la API. Hay veinte eventos disponibles para la API de “PowerBus”.

El evento “OnDeviceDetection” le permite a un circuito integrado U-530 reportar al “host” que ha detectado un dispositivo “PowerBus” en el medio.

El evento “OnDeviceConfiguration” es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que ha agregado con éxito un dispositivo “PowerBus” a su red lógica.

El evento “OnDeviceConfigurationFail” es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que ha fallado al tratar de agregar un dispositivo “PowerBus” a su red lógica.

El evento “OnDeviceDeconfigured” es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que ha removido con éxito un dispositivo “PowerBus” de su red lógica.

El evento “OnDeviceDeconfigurationFail” es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que ha fallado al tratar de remover un dispositivo “PowerBus” de su red lógica.

El evento “OnNewLNCreation” es reportado por un circuito integrado U-530 para indicar que ha creado exitosamente una nueva red lógica y que es ahora el nodo maestro para esta red.

El evento “OnLNDeconfigured” es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que ha sido desconfigurado y que su red lógica ya no existe.

El evento “OnPingSuccess” es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que un dispositivo esclavo ha respondido a un mensaje “ping” (de detección de nodos).

El evento “OnPingFailure” es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que un dispositivo esclavo no recibió el último mensaje “ping” enviado a él, o que la respuesta al mensaje “ping” no pudo llegar al dispositivo maestro.

El evento "OnHailingProcessComplete" es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que el dispositivo ha completado su proceso de descubrimiento de nodos o saludo a nuevos nodos ("hailing process").

El evento "OnRouteTraced" es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que la ruta a un nodo esclavo ha sido recuperada exitosamente.

El evento "OnRouteFailed" es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que un dispositivo no respondió durante una acción de recuperación de ruta.

El evento "OnRouteSetupSuccess" es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que ha sido hallada una ruta para llegar a dispositivo esclavo y que esta ruta se aplicó en todos los enrutadores involucrados.

El evento "OnRouteSetupFailed" es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que una acción sobre una ruta falló.

El evento "OnDeviceConnectionStatus" es reportado por el circuito integrado maestro sí el estado de conectividad de un esclavo cambia.

El evento "OnDeviceConnectionFailure" es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que una acción de desconexión o conexión de dispositivo falló.

El evento "OnBroadcastConfiguredDeviceDetection" es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que ha sido detectado un dispositivo "PowerBus" en el medio. Se utiliza en la detección de nodos huérfanos (dispositivos "PowerBus" configurados pero no asociados o ligados a un dispositivo maestro).

El evento "OnHailingFailure" es reportado por el circuito integrado maestro para indicar que una acción de descubrimiento de nodos no se pudo realizar.

El evento "OnReset" es reportado por un dispositivo "PowerBus" para indicar que ha sido reiniciado.

El evento "OnInfoBlockCorruption" es reportado por un dispositivo "PowerBus" para indicar que su bloque de información está corrupto.

3.6 VARIABLES VIRTUALES PARA DISPOSITIVOS “POWERBUS”

Una variable virtual V^2 es una variable que puede ser creada por el fabricante o por el instalador para permitir que información importante pueda estar disponible para otros dispositivos en una red lógica, o para permitir a otros dispositivos el control en forma remota de un parámetro de un dispositivo en particular. Por ejemplo, puede utilizarse para reflejar el estado de un sensor de temperatura, o para controlar el estado de un conjunto de luces, o para visualizar un texto en una pantalla de cristal líquido o para almacenar el valor de medida de consumo de energía.

Las variables virtuales pueden ser tipo booleano, caracter sin signo, entero sin signo, entero largo con signo, flotante, datos y texto (o “sarta” de caracteres). Además se dispone del tipo entero sin signo usado por el lenguaje “V-Logic”, la “PowerBus API” y los valores de propiedades, principalmente en parámetros de longitud de datos o indexación. El anexo D ilustra con más detalle los tipos de variables.

También las variables virtuales pueden ser usadas en cálculos internos dentro de los escenarios V^2 . Una variable virtual se define a partir de las siguientes propiedades: características, nombre, reporte, “mapeo de hardware”, valor o rango de valores por defecto, unidades de medida.

Cada una de esas propiedades es un vector de 48 elementos, donde cada elemento contiene detalles de la configuración para una variable particular. Por ejemplo, sí un proyecto tiene dos variables virtuales definidas por el fabricante, entonces las posiciones 0 y 1 de los vectores serán utilizadas en forma correspondiente.

La propiedad “características de V^2 ” se utiliza para almacenar para cada variable virtual las características de volatilidad, tipo manufactura ó tipo campo, lectura normal, escritura normal, lectura protegida mediante llave de fabricante, escritura protegida mediante llave de fabricante, lectura prohibida (desde el medio), escritura prohibida (desde el medio), mapeo de entrada ó salida, visibilidad al usuario y tipo de valor.

La propiedad “nombre” se utiliza para almacenar descriptores personalizados para las V^2 y cada elemento en esta propiedad corresponde al nombre de una variable virtual.

La propiedad de “reporte” define como se reportan las V^2 . Cada elemento en esta propiedad corresponde a una variable. Con ella se define sí cuando la variable cambia de valor, se reporta esa novedad a través de la interfaz UART (“Universal Asynchronous Receiver Transmitter”) o a través de la interfaz SPI (“Serial Peripheral Interface”) o a través de ambas o no se reporta. El cambio de valor de las variables virtuales en la versión maestro/esclavo de “PowerBus” no se pueden reportar a través del medio.

La propiedad “rango de valores y valor por defecto” tiene 13 “bytes” donde se guarda el valor mínimo, el valor máximo y el valor por defecto de la variable virtual.

La propiedad “unidades de medida” especifica el tipo de unidad de medida para la variable virtual. Se utiliza solo para propósitos de información y por ende no es procesada por la pila de protocolos “PowerBus”. En el anexo E se relaciona una tabla con los códigos de un “byte” para un amplio número de unidades de medida.

Con el valor almacenado en la variable de “mapeo al hardware” se define una asociación entre un puerto del “U-chip” y la variable. El valor está codificado en un

“byte” y puede tomar diversos valores según el puerto sea: de un “bit”, de ocho “bits”, de 16 “bits”, sea de entrada o salida digital. Además, posibilita la codificación del mapeo a la interfaz SPI para la recepción de datos digitales correspondientes a la digitalización de señales análogas e igualmente permite el mapeo al puerto especial de control de TRIAC o a cada uno de los dos puertos de salida de pulsos modulados en duración o ancho del pulso. Y permite el mapeo a uno de dos puertos de entrada para conteo de pulsos.

El mapeo implica que una variable asociada de forma correcta a un puerto de entrada digital, tomará los valores digitales de ese puerto, actualizando su valor al final del ciclo de ejecución de las rutinas “V-Logic” almacenadas en el dispositivo “PowerBus”. De otra parte, sí la variable es de salida, se aplicará al puerto el valor de la variable al final del ciclo de ejecución de las rutinas “V-Logic”.

Mediante la SPI se puede mapear o apuntar una variable virtual a un convertidor análogo digital referencia MAX1111, el cual permite digitalizar hasta cuatro señales análogas.

Con respecto a la variable de salida asociada al puerto de control de TRIAC, se activará el puerto, que máximo puede entregar 24 miliampers, en determinado instante de tiempo después de que el ciclo de corriente alterna cruce por cero, dependiendo del valor del respectivo apuntador al puerto.

Se puede asignar al apuntador el valor directamente o se le programa una secuencia de asignación de valores almacenados en una tabla de datos definida en la propiedad Tabla del TRIAC. El manejo del puerto de control de TRIAC está también internamente vinculado al uso de temporizadores que determinen cuando activar la corriente de salida en el puerto.

Mediante el mapeo a los contadores de pulsos se puede leer el valor del retardo entre los pulsos (en milisegundos) y el número acumulado de pulsos de entrada. Sí el valor de una variable virtual mapeada a uno de los contadores de pulsos cambia por acción de una petición desde la API de “PowerBus” o por un comando “V-Logic”, la variable virtual se incrementará a partir de ese valor una vez se reciban los pulsos. La cuenta de pulsos se incrementa en uno y el retardo entre pulsos se mide al ocurrir una transición descendente tipo “Schmitt Trigger” en la entrada del puerto. Para cada tipo de valor leído se debe mapear una variable y el mapeo puede ser simultáneo.

En el mapeo a los puertos de pulsos modulados en duración del pulso, se controla el ciclo de trabajo (“duty cycle”) de un tren de pulsos que opera a 14,7 KHz. El valor de la variable controla el ancho del pulso.

En el mapeo de variables es clave que el tipo de dato correspondiente a la variable concuerde con el tipo y longitud del dato relativo a un puerto.

Las variables virtuales se pueden crear localmente utilizando la interfaz de programación de aplicaciones “PowerBus” (“PowerBus API”) o mediante la herramienta de desarrollo “PowerBus” (“PowerBus Development Tool”).

También se pueden crear remotamente al utilizar la “PowerBus API” o la herramienta de instalación “PowerBus” (“PowerBus Installation Tool”), pasando los mensajes a través del medio desde el “host” (en este caso un computador ejecutando la herramienta o la aplicación que utilice la API) que esté conectado al dispositivo maestro.

Las V^2 se leen utilizando la primitiva “GET” y se escriben mediante la primitiva “SET”.

La memoria “flash” disponible para las variables virtuales es una página de 256 “bytes”. Y se dispone de una página de 100 “bytes” de RAM para almacenar variables virtuales tipo booleana, carácter sin signo, entero con signo, entero largo con signo y flotante. Por lo anterior, la estructura de variables debe ser diseñada en forma eficiente.

Las variables virtuales cuando se han definido como volátiles se leen y escriben en RAM. En el evento de una desenergización, se perdería su valor. Cuando retorne la energía, se cargaran los valores por defecto a partir de la propiedad Rango de valores y Valor por defecto. De este modo se preserva la integridad del sistema al momento de reiniciar la operación del dispositivo. En caso necesario de preservar los valores de determinadas variables, podría usarse variables no volátiles que se almacenan en memoria “flash”, pero considerando que esto podría ser nocivo para la vida útil de la página de memoria “flash” donde se almacenan las variables virtuales.

Las variables virtuales se actualizan en un proceso cíclico el cual comienza con la ejecución del código “V-Logic” de campo (definido por el instalador), seguido de la ejecución del código “V-Logic” del fabricante y que se cierra con la actualización de las variables. En esta última parte del proceso, se refrescan los periféricos de salida mapeados a las variables virtuales mientras que las variables virtuales mapeadas a periféricos de entrada son también refrescadas con el valor capturado en los periféricos. Los periféricos aquí son en última instancia, los puertos del circuito integrado serie U-540 utilizado en el nodo esclavo.

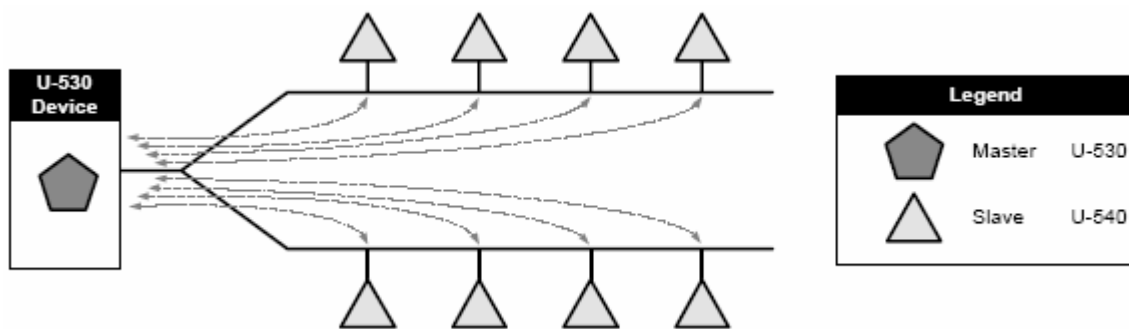
En una aplicación típica el proceso se ejecuta en 10 milisegundos aproximadamente. Pero dependiendo del número y tamaño de variables virtuales, así como de la complejidad del código “V-Logic”, puede alcanzar hasta un máximo de 60 milisegundos, según el fabricante.

3.7 CONCEPTOS DE RED LÓGICA MAESTRO/ESCLAVO

Una red maestro/esclavo tiene un nodo maestro y a menos un nodo esclavo. Se denomina maestro al dispositivo serie U-530 que controla las comunicaciones y la operación de la red. El maestro es el dispositivo que inicia las comunicaciones. En realidad es el “host” conectado al dispositivo U-530 el que controla la red y para una red típica es un computador que se comunica a través de la “PowerBus” API con el circuito integrado “PowerBus”. Los nodos esclavos responden a las peticiones o invitaciones a transmitir sobre el medio hechas por el nodo maestro. La figura 6 ilustra el modelo de red maestro/esclavo.

Los mensajes emitidos por el maestro siguen la denominación convencional de comandos y los mensajes emitidos por los esclavos, la denominación de respuestas. El maestro realiza periódicamente un proceso de sondeo sobre los esclavos.

Los dispositivos de una red lógica “PowerBus” se comunican sobre el mismo medio y comparten la misma dirección de red lógica de 10 “bits”. Una red lógica maestro/esclavo debe contener tan solo un dispositivo U-530.



Fuente: Domosys Corporation

Figura 6 Modelo de comunicaciones maestro/esclavo

El nodo maestro debe crear y mantener la dirección de red lógica, conectar dispositivos esclavos a la red lógica, mantener conectividad con los dispositivos esclavos mediante un proceso de diagnóstico denominado “ping”, distribuir las claves de encriptación del servicio de seguridad, agregar y quitar dispositivos esclavos de la red lógica.

Todos los demás dispositivos de una red lógica son esclavos. Un esclavo utiliza circuito integrado tipo U-540. Un esclavo nunca envía mensajes al medio, excepto que se lo solicite el maestro.

Este modelo maestro/esclavo con las características señaladas a lo largo de todo este documento es adecuado para proyectos donde no se requiera interacción entre los dispositivos de la red y donde se quiera tener un control centralizado de la misma.

Todos los dispositivos en una red lógica comparten la misma dirección de red lógica, dirección que selecciona el nodo maestro cuando se crea la red. Esa dirección se almacena como la propiedad de dirección de red lógica. La dirección de red lógica puede ir desde 1 hasta 1021 para dispositivos configurados y 1023 para dispositivos no configurados.

Cada dispositivo tiene una dirección de unidad de red de 14 “bits” y se elige incrementalmente a partir de 0101h (decimal 257) que le corresponde al nodo maestro, pasando por 0102h que le corresponde al nodo esclavo 1 y que tiene para el último nodo esclavo (el número 1021) el valor 04FEh (decimal 1278).

La dirección de unidad se almacena en dos propiedades, los primeros seis “bits” se almacenan en la propiedad denominada dirección de subred, mientras que los otros ocho “bits” menos significativos se almacenan en la propiedad dirección de

nodo "PowerBus". Esta dirección varía desde 0101h (decimal 257) hasta 04FEh (decimal 1278) para dispositivos configurados. Los dispositivos no configurados toman aleatoriamente direcciones de unidad en el rango de 3F01H (decimal 1) hasta 3FFEh (decimal 16382).

Para las comunicaciones locales se utiliza el valor FFFFFFFh, como la dirección compuesta de red lógica y dirección de unidad. El "U-chip" envía mensajes al "host" con este valor y viceversa.

Adicionalmente, cuando el valor de dirección utilizado por el "host" como dirección destino es no válido, el "U-chip" asume que el mensaje es destinado a él y los posibles mensajes de respuesta que le envíe localmente al "host" serán con el valor de dirección FFFFFFFh.

Y si la dirección destino del mensaje de una primitiva generada desde la API hacia un esclavo es válida, el circuito integrado "PowerBus" del maestro lo envía a través del medio para que llegue a su destino.

Si el nodo maestro no puede comunicarse directamente con un nodo esclavo, debido a atenuación de la señal o ruido, el maestro puede utilizar otros nodos esclavos para enrutar los mensajes hacia el nodo inalcanzable en forma directa. Las rutas para llegar a un dispositivo se crean cuando se conecta un dispositivo a la red y cambian dinámicamente a lo largo del tiempo, según las condiciones del medio o la presencia de nuevos esclavos o el retiro de algunos.

Un nodo esclavo que se usa como relevo de mensajes se denomina enrutador o "router". Un nodo esclavo que no es "router", se denomina "hoja" ("leaf"). Para almacenar la información relativa al enrutamiento, se utilizan las propiedades "tabla de hojas" y "tabla de visualización de conectividad y rutas".

3.8 CONFIGURACIÓN DE UNA RED LÓGICA

Para crear una red lógica maestro/esclavo “PowerBus”, se debe configurar la propiedad de inicialización del nodo maestro (“LN Manager/Master Setup”). Una vez ello ocurre, el circuito U-530 selecciona al azar una dirección de red, luego envía mensajes de saludo sobre el medio para determinar si la dirección de red lógica está ya en uso, en caso tal, vuelve a elegir al azar otra dirección de red y saluda nuevamente en el medio y así continua hasta encontrar una dirección de red libre.

Luego de encontrar una dirección de red libre, el dispositivo U-530 se convierte en el amo o maestro de la red. Configura sus parámetros y activa el evento “OnNewLNCreation” a través de la interfaz de la “API PowerBus”.

Posteriormente detecta los demás dispositivos que conformarán la red. Inicialmente el maestro entra en un proceso de descubrimiento y conexión de nodos accesibles por el directamente. Luego ordena a los esclavos ya descubiertos e incorporados a la red, que realicen similar proceso de descubrimiento. Cuando un esclavo obedeciendo al maestro, descubre otro dispositivo en el medio pero no incorporado a la red, notifica al maestro de ello. El maestro entonces lo configura con la función adicional de “router” e incorpora a la red el nuevo dispositivo “PowerBus” descubierto.

Tanto el maestro como los esclavos que se tornan “routers”, deben realizar el proceso de descubrimiento de nodos por lo menos dos veces. Esto es necesario, dado que el control de acceso al medio es una variante mejorada del protocolo por competencia CSMA/CA o acceso múltiple por sentido de portadora con prevención de colisiones. No obstante, probablemente se presentarán colisiones y por tanto podrían quedar dispositivos sin ser reconocidos e incorporados a la red. La iteración en el descubrimiento de dispositivos busca evitar este inconveniente. El diagrama de la Figura 7 ilustra el proceso de configuración de una red lógica.

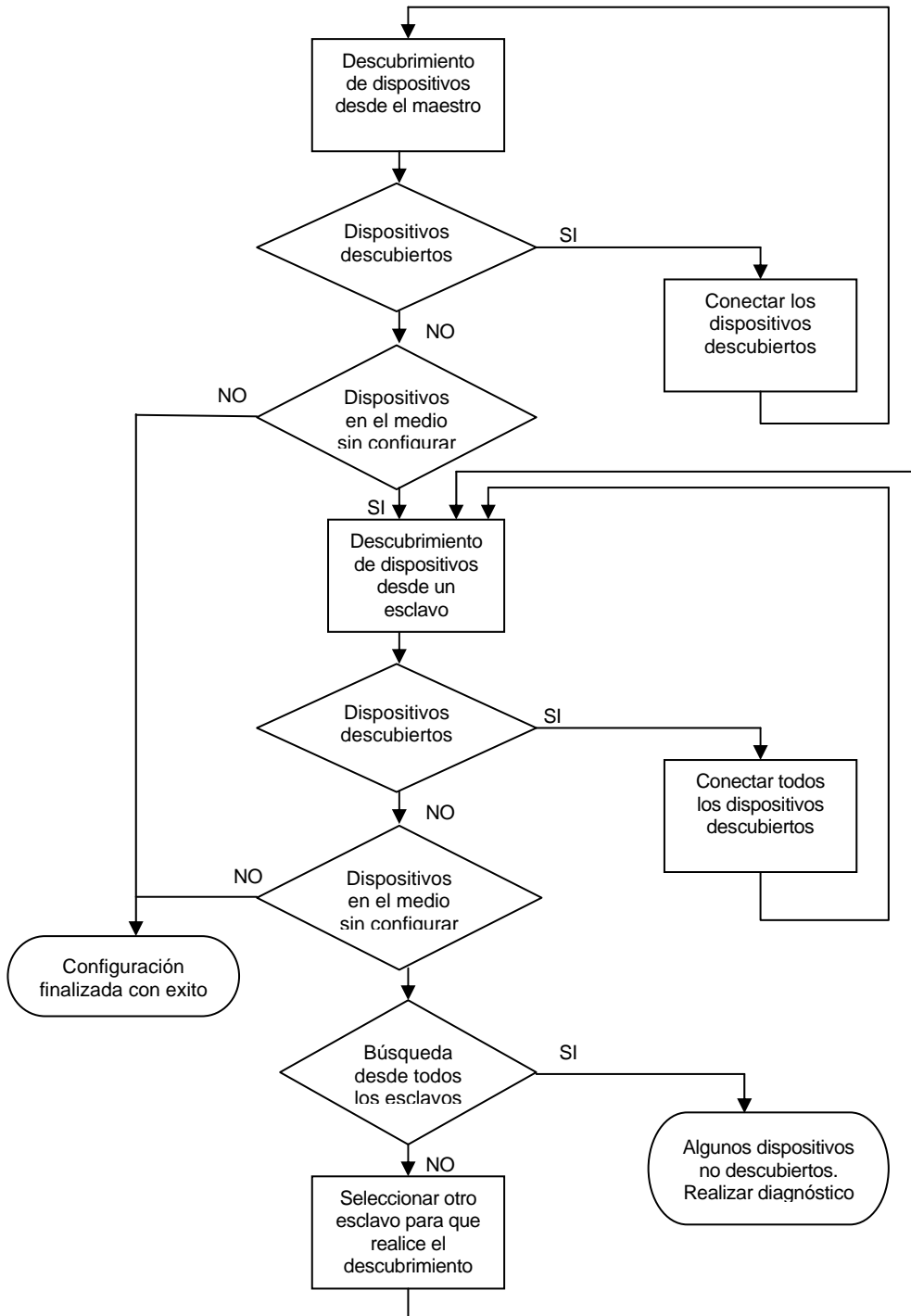


Figura 7 Diagrama de flujo para la configuración de una red lógica maestro/esclavo

Una vez la red ha sido configurada, el maestro periódicamente realizará un proceso para diagnosticar y mantener la conectividad en la red denominado MPP (“Master Ping Process”).

El proceso consiste en que el maestro periódicamente envía mensajes de prueba a los nodos esclavos tipo hoja, si algún esclavo hoja no contesta, genera un evento con información relativa a la falla sobre el puerto hacia el “host”. Si la opción de autorecuperación ha sido habilitada en el maestro, entonces tratará de hallar una ruta nueva para llegar al nodo esclavo inalcanzable. Si encuentra nueva ruta, actualiza las tablas de enrutamiento de los “routers” involucrados y de el mismo. Si no encuentra nueva ruta, entonces notifica esa novedad mediante un evento.

En la operación de la red, “PowerBus” maneja tres amplitudes de señal: la amplitud nominal utilizada en comunicaciones normales, una amplitud atenuada que se utiliza en el procedimiento de descubrimiento de dispositivos, y otra amplitud para los mensajes “ping” utilizados en el diagnóstico y preservación de la conectividad.

3.9 SEGURIDAD Y CIFRADO

PowerBus tiene un servicio de seguridad para los ataques comunes, contra la comunicación entre dispositivos de una red lógica. Para ello, utiliza claves de seguridad para encriptar la mayoría de los mensajes.

Una red lógica puede configurarse cómo segura o no, lo cual se decide al momento de crear la red. En una red segura, todas las variables virtuales son protegidas.

PowerBus maneja una clave privada para el encriptamiento y diversas claves para la desencriptamiento: una para el fabricante, otra para el instalador, una específica para cada dispositivo y una clave pública. Pero, siempre y cuando esté habilitada la opción de encriptamiento.

3.10 EL LENGUAJE “V-LOGIC”

“V-Logic” es un lenguaje interpretado, muy similar a un lenguaje de alto nivel pero de menor complejidad. Puede ser utilizado por el fabricante (para definir el comportamiento local de un dispositivo, principalmente) o por el instalador (para definir la interacción entre los dispositivos de una red lógica).

El código “V-Logic” se construye mediante un listado de acciones que se guardan en memoria “flash”. Una página de 255 “bytes” para el código de fabricante y otra página de 255 “bytes” para el código de campo (de instalación).

Los guiones “V-Logic” se convierten a “tokens” que son valores hexadecimales predefinidos para representar las diversas acciones, sus argumentos y tipos de valores. El anexo F presenta los valores de dichos “tokens” o “fichas”.

Las posibles acciones son: “IF”, “Assign”, “Start Timer”, “Stop Timer”, “Add”, “Substract”, “Multiply”, “Divide”, “Toggle” y “Clear Settings”.

La sintaxis básica de un guión “V-Logic” es:

<V-Logic> := <Action List> <END Token>

La sintaxis básica de una acción IF es:

<IF> := <IF Token> <Condition> <Action List>
(<ELSEIF Token> <Condition><Action List>)*
[<ELSE Token> <Action List>]
<END Token>

La sintaxis básica de una acción ASSIGN es:

<Assign> := <Assign Token> <Local V²> (<Value> | <Property>)

La sintaxis básica de una acción ADD es:

$\langle \text{Add} \rangle := \langle \text{Add Token} \rangle \langle \text{Local } V^2 \rangle (\langle \text{Value} \rangle)^+ \langle \text{End Token} \rangle$

La sintaxis básica de una acción SUBSTRACT es:

$\langle \text{Subtract} \rangle := \langle \text{Subtract Token} \rangle \langle \text{Local } V^2 \rangle (\langle \text{Value} \rangle)^+ \langle \text{End Token} \rangle$

La sintaxis básica de una acción MULTIPLY es:

$\langle \text{Multiply} \rangle := \langle \text{Multiply Token} \rangle \langle \text{Local } V^2 \rangle (\langle \text{Value} \rangle)^+ \langle \text{End Token} \rangle$

La sintaxis básica de una acción DIVIDE es:

$\langle \text{Divide} \rangle := \langle \text{Divide Token} \rangle \langle \text{Local } V^2 \rangle (\langle \text{Value} \rangle)^+ \langle \text{End Token} \rangle$

La sintaxis básica de una acción TOGGLE es:

$\langle \text{Toggle} \rangle := \langle \text{Toggle Token} \rangle \langle \text{Local } V^2 \rangle$

La sintaxis básica de una acción START TIMER es:

$\langle \text{Start Timer} \rangle := \langle \text{Start Timer Token} \rangle \langle \text{Timer} \rangle \langle \text{Timer Duration} \rangle$

La sintaxis básica de una acción STOP TIMER es:

$\langle \text{Stop Timer} \rangle := \langle \text{Stop Timer Token} \rangle \langle \text{Timer} \rangle$

La sintaxis básica de una acción CLEAR SETTINGS es:

$\langle \text{Clear Settings} \rangle := \langle \text{Clear Settings Token} \rangle$

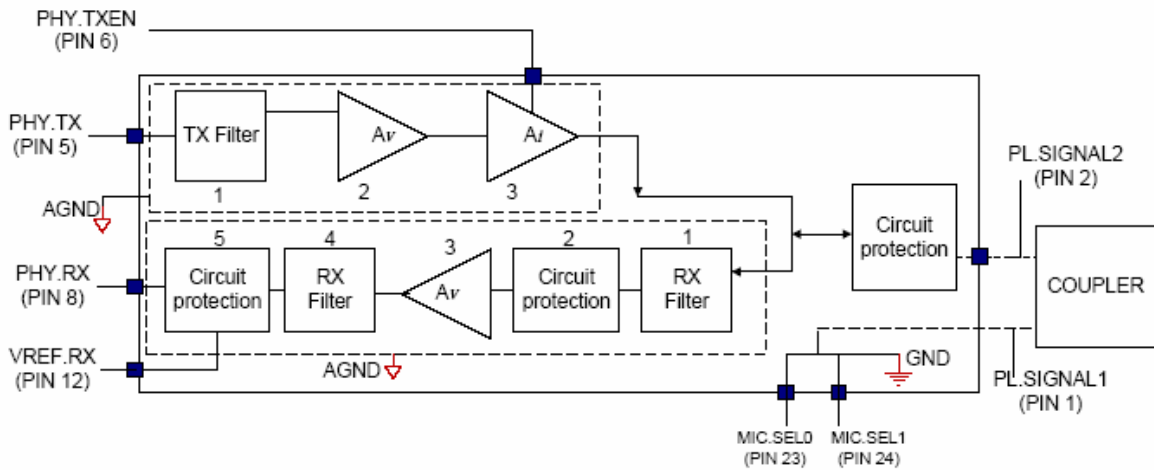
3.11 EL CIRCUITO DE INTERFAZ AL MEDIO

El circuito de interfaz al medio es un circuito análogo compuesto de un transmisor y un receptor. El receptor siempre está activo, mientras que el transmisor debe ser habilitado desde el controlador del nodo (el “U-chip”).

La Figura 8 presenta el diagrama a bloques del circuito de interfaz al medio.

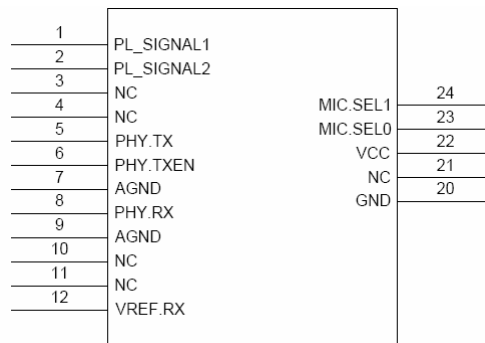
La Figura 9 visualiza los pines del MIC y el cuadro 4 los enumera y describe.

La Figura 10 presenta un circuito de interfaz típico.



Fuente: Domosys Corporation

Figura 8 Diagrama a bloques del MIC



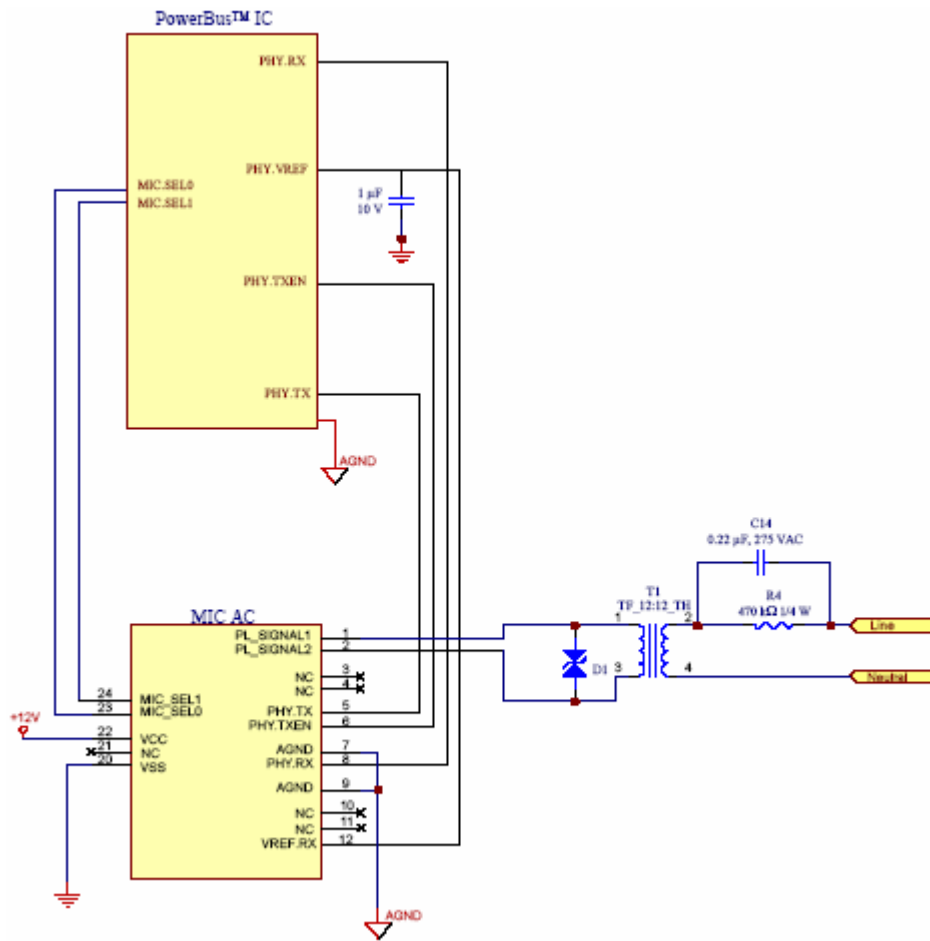
Fuente: Domosys Corporation

Figura 9 MIC y pines de conexión

Pin	Mnemonic	In/Out	Description	Comment
1	PL_SIGNAL1	Input and output	Common reference.	This pin is internally connected to the MIC's GND pin (20). For best reception performances, connect it directly to the coupler as shown in Figure 6-1.
2	PL_SIGNAL2		Power line input and output signal from external coupling. The communication is done with this pin.	<ul style="list-style-type: none"> • Input impedance = 250 Ω • Output impedance = 0.08 Ω
3	NC	N/A	Not connected	
4	NC	N/A	Not connected	
5	PHY.TX	Input	Transmitter signal. This signal will be amplified and sent to the power line.	<ul style="list-style-type: none"> • The level should be 1.7 Vpp. • Input impedance = 2.6 kΩ
6	PHY.TXEN	Input	Power line transmit enable signal.	<ul style="list-style-type: none"> • Selects the MIC's com. mode: <ol style="list-style-type: none"> 1) Receive if PL.TXEN = 0 V or not connected. 2) Transmit if PL.TXEN = 3.3 V. • Input impedance= 1 kΩ.
7	AGND	N/A	Reference for the PHY.TX signal.	
8	PHY.RX	Output	Power line receive signal.	<ul style="list-style-type: none"> • 5 mVpp to 1.6 Vpp (depending on power line communication).
				• Output impedance: 4.3 k Ω .
9	AGND	N/A	Analog ground.	
10	NC	N/A	Not connected.	
11	NC	N/A	Not connected.	
12	VREF.RX	Input	Reference for the PHY.RX	
20	GND	N/A	Power supply ground.	
21	NC	N/A	Not connected.	
22	VCC	Input	12-volt power supply	
23	MIC.SEL0	N/A	Connected to ground	Select the MIC configuration.
24	MIC.SEL1	N/A	Connected to ground	

Fuente: Domosys Corporation

Cuadro 4 Descripción de los pines del MIC



Fuente: Domosys Corporation

Figura 10 Circuito de interfaz típico

3.12 TOPOLOGÍA DE LA RED Y LOS ELEMENTOS USADOS EN LOS NODOS

La red físicamente es de topología “bus”, pero es centralizada desde el punto de vista lógico. El nodo maestro lo constituye el “PowerBus PowerGate modem” basado en el integrado U-531, mientras que los esclavos fueron dos “PowerBus PowerCard Modules” basados en el integrado U-541.

Las siguientes figuras muestran los elementos utilizados y el cableado de la red.



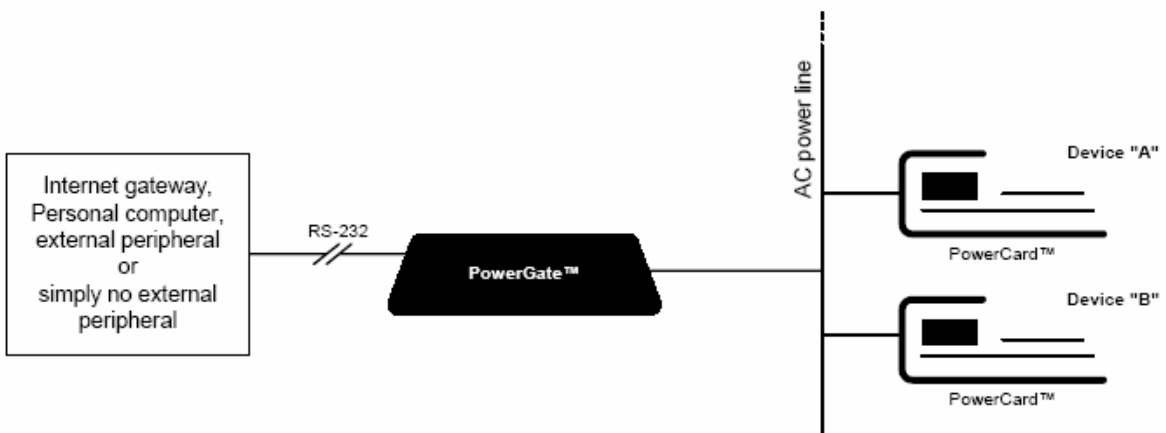
Fuente: DomoSys Corporation

Figura 11 Dispositivo usado como nodo maestro (“PowerGate modem”)



Fuente: DomoSys Corporation

Figura 12 Dispositivo usado como nodo esclavo (“PowerCard Module”)



Fuente: Domosys Corporation

Figura 13 Diagrama de conexión de los nodos de la red.

4. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos: la red instalada, las interfaces a los medidores de energía, el circuito de control de TRIAC y las pruebas realizadas; al final, se realiza un análisis de los resultados.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se detallan los principales resultados: la configuración e instalación de la red maestro/esclavo; los circuitos de interfaz optoelectrónica al medidor electrónico y al medidor electromecánico, y sus respectivos montajes; la topología y el alcance de la red en las líneas de distribución eléctrica; las pruebas de conectividad, confiabilidad y validez de primitivas; las características de la señalización de “PowerBus” y las principales características del protocolo.

4.1.1 Red instalada

El sistema distribuido implementado es una red de control con tecnología “PowerBus” en su versión “Maestro/Esclavo 3.0.0” específicamente liberada con la intención de ser utilizada en sistemas de lectura automática de medidores (“AMR: Automatic Meter Reading”) y utiliza las líneas de energización de 120 Vac como medios de transmisión de los datos.

La red la constituyen un nodo maestro y dos nodos esclavos. El nodo maestro está conformado por un computador que cumple el papel de “host” (anfitrión) y un módem para línea de potencia denominado comercialmente como “PowerGate”, el cual contiene un circuito integrado U-531 que actúa como maestro o amo de la red. Cada nodo esclavo es un dispositivo denominado comercialmente “PowerCard” y que contiene un circuito integrado U-541 que actúa como esclavo del U-531.

El dispositivo maestro (módem “PowerGate”, con circuito integrado U-541) se comunica al computador por medio de la interfaz serial tipo EIA232 por cualquiera de los puertos COM.

Sí la aplicación requiere mayor potencia computacional, los nodos esclavos pueden comunicarse cada uno a un “host” tipo computador o microprocesador o microcontrolador a través de la interfaz tipo UART, o a través de la interfaz tipo SPI. En algunas pruebas se conectaron los esclavos a otros puertos COM del mismo computador donde se conectaba el nodo maestro, aunque podrían haber sido conectados a otros puertos COM de otros computadores, pero esto no fue necesario.

Cada nodo esclavo recibe las señales de pulsos discretos de consumo desde un medidor de energía electrónico o electromecánico acondicionado para que genere los pulsos electrónicos de medida. Los medidores pueden ser monofásicos o trifásicos, se requiere sí que el dispositivo “PowerGate” se pueda conectar entre fase y neutro en tomacorrientes de instalaciones eléctricas internas con polo a tierra o directamente en la caja del medidor de energía (contador de energía).

La Figura 14 presenta un diagrama descriptivo de la configuración del sistema distribuido sobre red de control con línea de potencia de baja tensión como medio de transmisión y utilizando tecnología “PowerBus”, aplicado a la lectura automática de medidores y al control de activación/desactivación de cargas. Nótese que los nodos esclavos pueden estar en la misma o diferente fase respecto a aquella donde está el nodo maestro.

Es necesario recalcar que la red implementada únicamente tenía tres nodos y no los seis que aparecen en la figura. Una red “PowerBus” puede estar constituida por 1021 esclavos y un maestro, y en un mismo medio se podría disponer de 1021 redes, pero esto último en redes para el entorno local posiblemente no se presente.

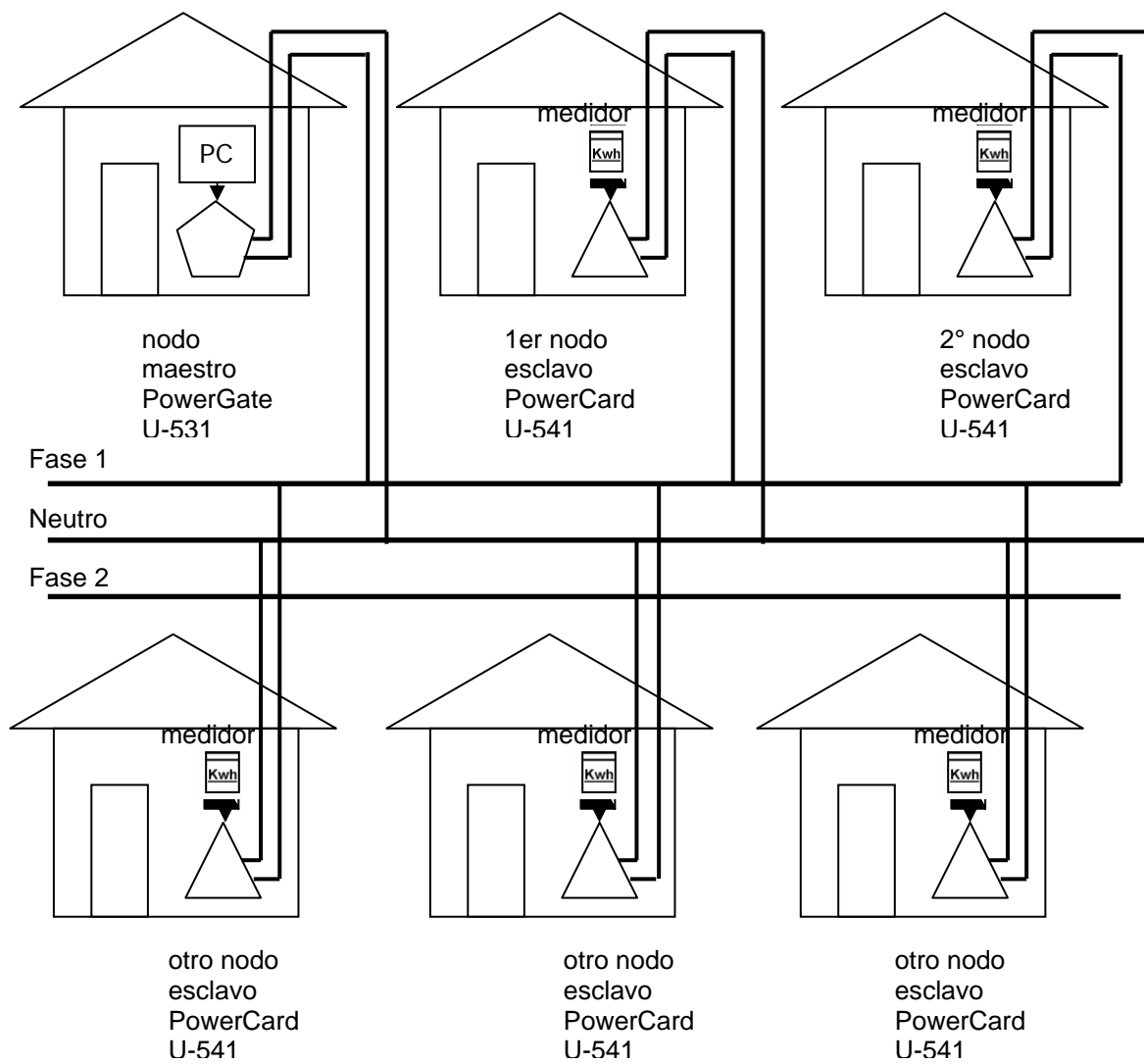


Figura 14 Diagrama descriptivo de la disposición de la red "PowerBus"

La Figura 15 ilustra la mayoría de los elementos utilizados en la configuración de la red "PowerBus" constituida por un nodo maestro y dos nodos esclavos.

La figura 15 no incluye unos adaptadores de corriente continua utilizados para energizar los circuitos del tablero de montajes experimentales (protoboard) pero si incluye reguladores de tensión, indispensables debido a las exigencias muy precisas de niveles de tensión y de corriente en los terminales o pines de entrada del circuito integrado "PowerBus" U-541 de cada nodo esclavo. El tablero contiene los circuitos de la interfaz de los dos nodos esclavos. Puesto que las interfaces son independientes, necesitan diferentes fuentes de corriente continua. Además, debido a que se utiliza acoplamiento óptico, se necesitan por lo menos dos fuentes por cada interfaz.

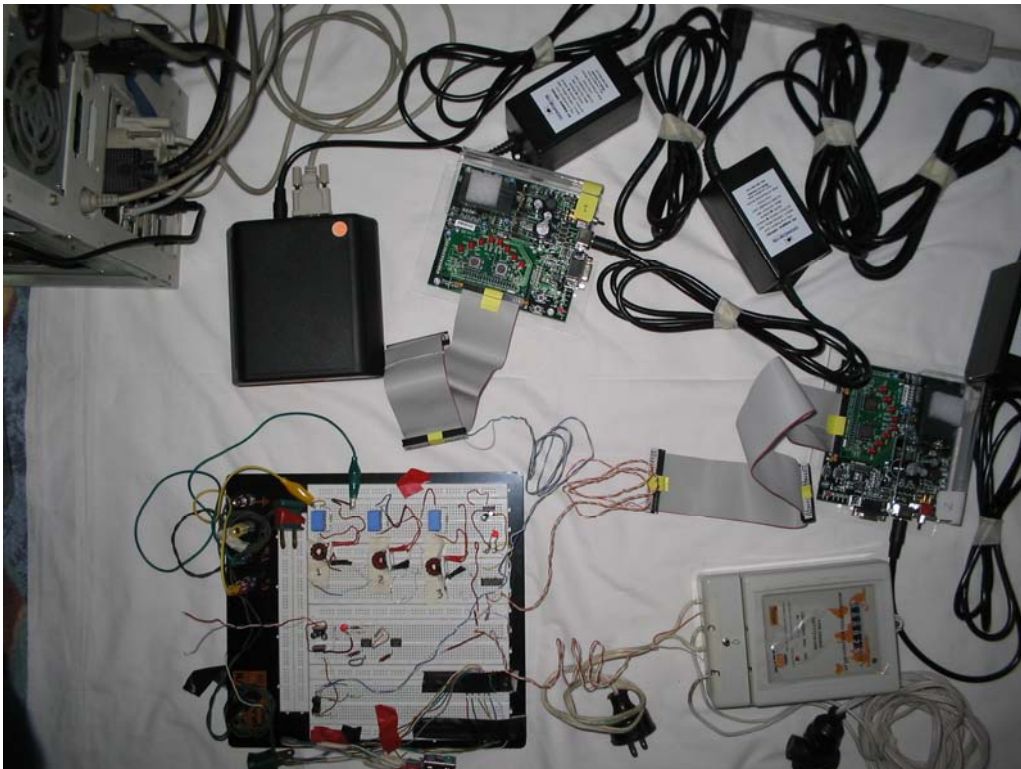


Figura 15 Elementos que conforman la red: maestro y dos esclavos.

En la Figura 16 se muestra que los tres nodos comparten la misma línea de energía, en un montaje utilizado para algunas pruebas locales, principalmente en lo concerniente a la verificación de la operación de las diversas primitivas del protocolo.



Figura 16 La conexión de los tres nodos a un barraje o multitoma 120 Vac

Los tres nodos pueden estar en fases diferentes y se conectaron a la red eléctrica de corriente alterna de 120 V en fases diferentes, tanto en ubicaciones cercanas como alejadas entre sí.

A pesar de que en una red “PowerBus” no se necesita de transformador de acoplamiento de señal, se puede incluir uno como el mostrado en la Figura 17.



Figura 17 Transformador de acoplamiento entre fases

Este transformador permite que señales con contenido de frecuencia dentro de la banda de frecuencias utilizada por las señales “PowerBus” se propaguen de una fase a otra en la red de distribución 120 V ac. Dicho elemento pudiera ser conveniente en el caso de redes de pocos nodos ubicados en diferentes fases, donde la característica de enrutadores (denominada “PowerLink” por el fabricante “Domosys Corp.”) no se quiera o pueda utilizar.

El transformador es para uso en instalaciones comerciales y residenciales, hay otra versión para uso en instalaciones industriales. Además, está originalmente diseñado para trabajar en ambientes legados del protocolo CEBus y por consiguiente no solo permite el paso de señales dentro del rango 110 KHz a 135 KHz de "PowerBus", sino que permite el paso de señales dentro del rango de los 100 KHz a los 400 KHz de las señales CEBus.

Cada nodo esclavo es transmisor/receptor, pero transmite cuando el nodo maestro lo invite a hacerlo para que le envíe los mensajes de respuesta solicitados o para que retransmita a otro nodo esclavo; esto último ocurre dinámicamente, cuando el maestro se encuentra en tareas de enrutamiento y requiere que algunos nodos cumplan tareas de enrutador.

La Figura 18 muestra un dispositivo "PowerCard", el cual incluye: el procesador U-541, el circuito de interfaz al medio (MIC), la fuente de energía, el circuito para interfaz RS232, borneras o conectores de expansión, y una tarjeta de periféricos directamente conectada a la bornera de expansión de los pines del circuito U-541, ubicada debajo de la tarjeta.

El dispositivo "PowerCard" tiene un botón de reinicio ("reset") y un botón especial para el cargue del "firmware" y la configuración del dispositivo (variables virtuales, propiedades y código "V-Logic") en forma local, es decir a través de la interfaz serial RS232 con el computador donde se tiene instalado el "software" de desarrollo "PowerBus Development Tool".

La versión 3.0 de "PowerBus" que es la primera versión exclusivamente maestro/esclavo ("Master/Slave") se carga en el dispositivo en forma sencilla, comparada con procedimientos usados para memorias EPROM, pero no permite la actualización del "firmware" a través de la línea eléctrica, lo cual era posible en

las versiones anteriores. Este servicio de los procesadores “PowerBus” ha sido suprimido para aumentar la seguridad en las redes “PowerBus” y porque se presume que los dispositivos cambiarán muy poco su configuración, lo cual es muy pertinente en las redes para lectura automática de medidores AMR.



Figura 18 Nodo esclavo: dispositivo “PowerCard”

El nodo maestro es un dispositivo “PowerGate” como se ilustra en la Figura 19, el cual incluye un circuito integrado U-531, que es transmisor/receptor.



Figura 19 Nodo maestro: dispositivo “PowerGate”

Los nodos de la red “PowerBus” utilizan un adaptador AC/DC, pero que además contiene un circuito de acoplamiento mediante transformador y un filtro pasa altos. Un circuito similar se utilizó para visualizar las señales de ruido de alta frecuencia y las señales “PowerBus” en un osciloscopio. La Figura 20 muestra el montaje de ese circuito de acoplamiento.

Este circuito es esencial por su papel de filtro, para la adaptación de impedancias y para aislamiento de la tensión elevada de corriente alterna. Además, permite el ingreso de una muestra de pequeña amplitud de la señal senoidal, esencial para la detección de cruce por cero de la señal de corriente alterna. Esta característica esta prevista para uso futuro, pero puede utilizarse por ejemplo, para mejorar las condiciones de disparo en el pin de control de TRIAC del circuito integrado U-541. El diagrama del circuito de acoplamiento de señales se ilustra en la Figura 21.

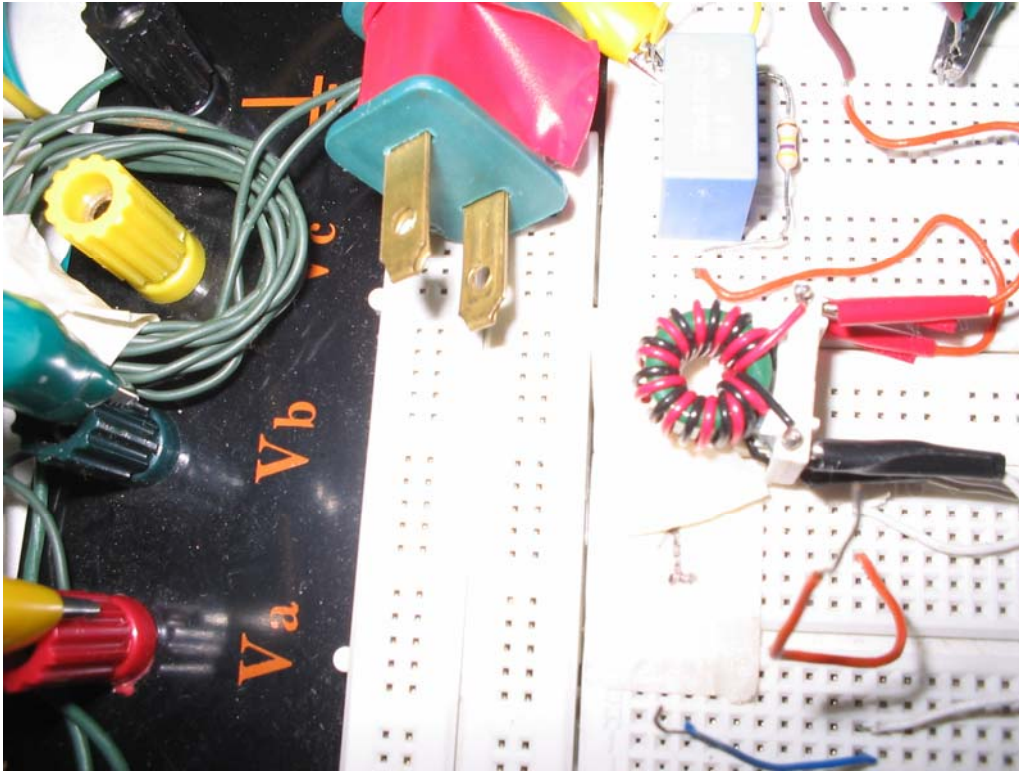
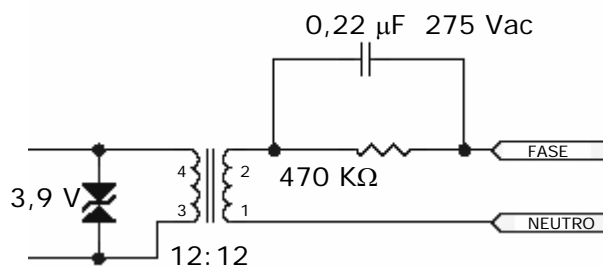


Figura 20 Circuito de acoplamiento para visualizar en osciloscopio las señales "PowerBus"



Fuente: Domosys Corporation

Figura 21 Circuito para captura de señales en el medio

En el circuito, el diodo Zener cumple funciones de protección contra sobretensiones, la resistencia atenúa la corriente alterna y junto con el condensador constituyen un filtro pasa altos.

4.1.2 Interfaces a los medidores de energía y el circuito de control de TRIAC

Mediante circuitos basados en fototransistores se capturan los pulsos de conteo del consumo de energía en los medidores electrónico y electromecánico. En el medidor electrónico, los pulsos provienen del circuito colector-emisor de un fototransistor. Para ambos medidores, determinada cantidad de pulsos corresponden a un kilowatt-hora, dependiendo del modelo de medidor.

La Figura 22 presenta el diagrama de circuito de interfaz optoelectrónica al medidor electrónico; y la Figura 23 presenta el diagrama de circuito de interfaz optoelectrónica al medidor electromecánico.

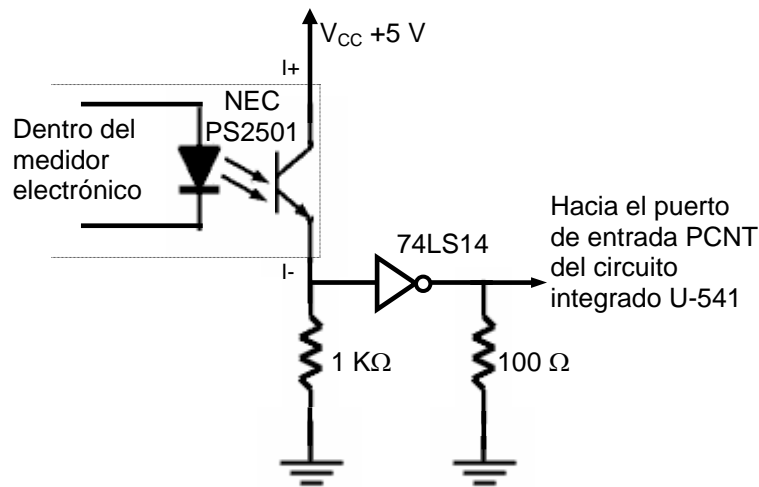


Figura 22 Circuito de interfaz optoelectrónica al medidor electrónico

La Figura 24 presenta el diagrama funcional de los pines del integrado utilizado y el diagrama del circuito básico de la interfaz óptica.

En la Figura 25 se ilustran los montajes experimentales de los elementos utilizados para capturar los pulsos del medidor electrónico y los pulsos del medidor electromecánico.

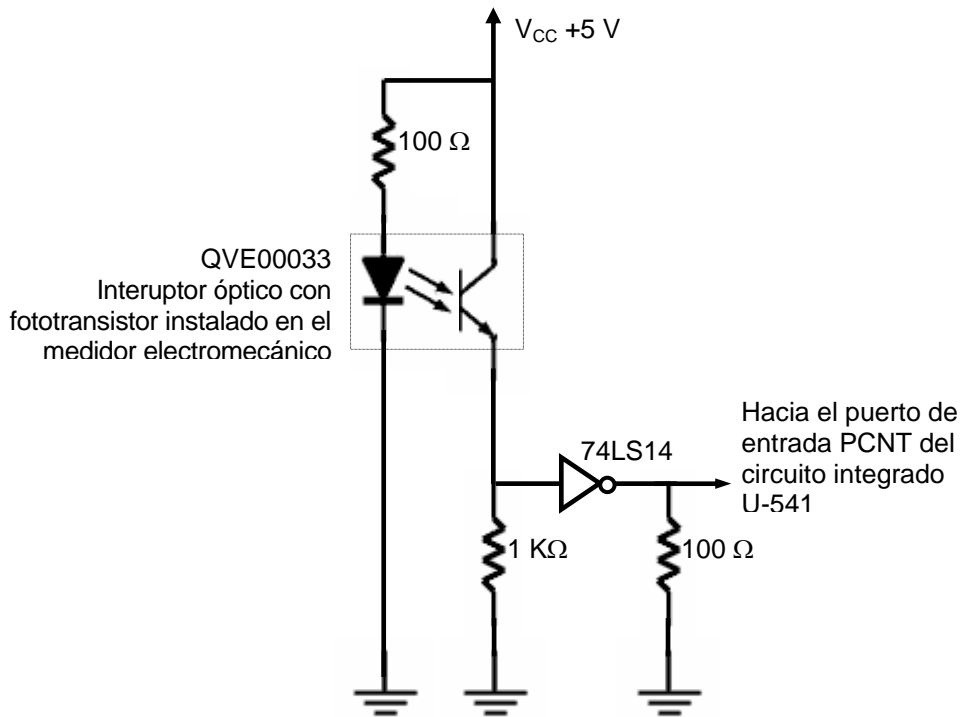


Figura 23 Circuito de interfaz optoelectrónica al medidor electromecánico

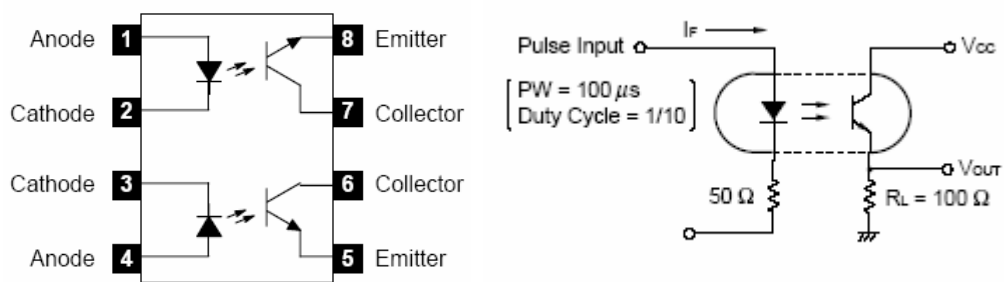


Figura 24 Diagrama circuito integrado y circuito básico del optoacoplador utilizado

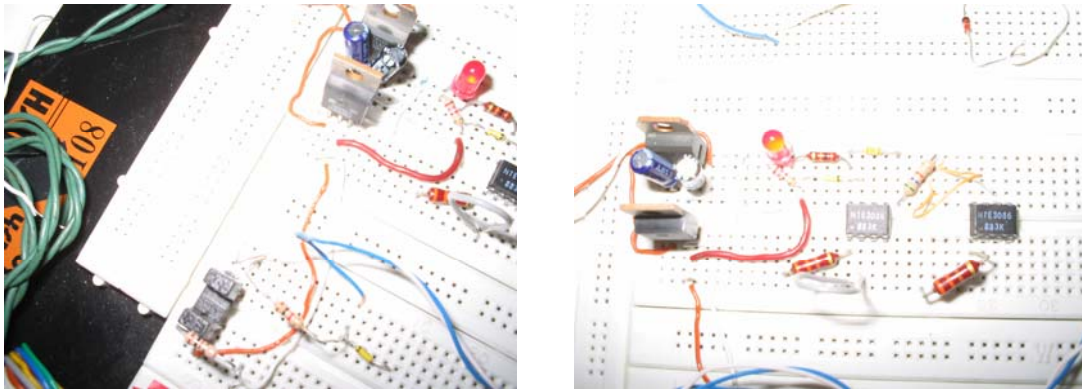


Figura 25 Montajes experimentales de interfaces ópticas

La Figura 26 muestra el interior del medidor electrónico utilizado en la experimentación. El corazón del mismo es un circuito integrado “Analog Devices” de propósito específico para la medición de parámetros de consumo de energía.



Figura 26 El interior del medidor electrónico.

Un reacondicionamiento del interior podría permitir la inserción del circuito impreso del dispositivo U-541; también una nueva carcasa o una carcasa adosada podrían ser un buen acondicionamiento. Por supuesto sería mejor realizar un diseño nuevo que integre circuitos de medición de energía de nueva generación y con los circuitos “PowerBus” dentro de una misma unidad.

El anexo G presenta las características del medidor monofásico electrónico de la figura 26 marca “Osaki”, distribuido en Colombia por “Tecnologías Unidas S.A.”.

Para el medidor electromecánico, una perforación en el disco es detectada por el fototransistor, generando un pulso en cada vuelta del disco.

Después, los pulsos de transiciones lentas provenientes de los fototransistores, se llevan a una o más compuertas negadoras tipo “Schmitt Trigger” 74LS14 para satisfacer los requisitos de tensión y pendiente de cambio de los pines de entrada PCNT (“Pulse Counter”) de los circuitos U-541.

De otra parte, la Figura 27 presenta el diagrama del circuito para control de un TRIAC, utilizando las facilidades ofrecidas por los dispositivos “PowerBus”.

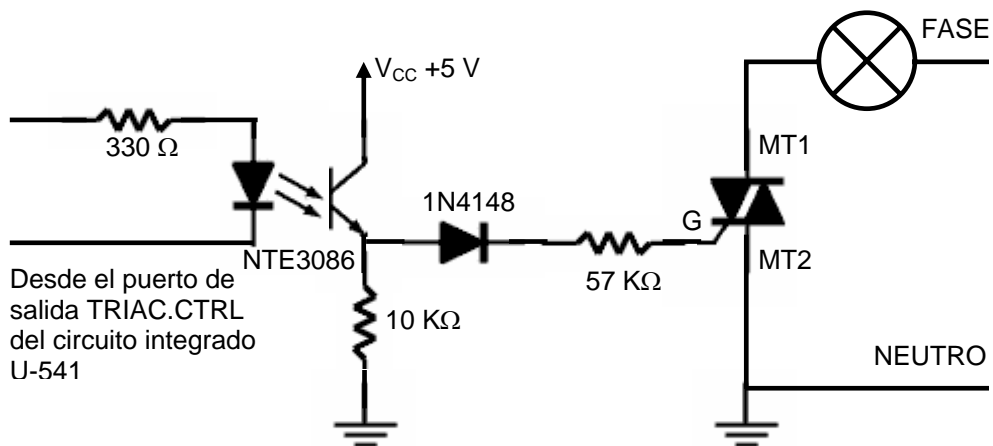


Figura 27 Circuito de interfaz para control de TRIAC

Para el circuito de control del TRIAC se puede utilizar la instrucción “Ramp” de “V-Logic”. También se le puede dar un valor específico a la variable asociada al pin de control del TRIAC dentro del rango entre 1 y 254. El valor que tome la variable mapeada al puerto de salida para control de TRIAC determina el tiempo de disparo aproximado del triodo. Aunque la literatura del fabricante sugiere una fórmula de cálculo, realmente hay que hacer ajustes experimentales.

Deberá el circuito de disparo del TRIAC poder manejar los requisitos del terminal puerta del TRIAC. La salida en el pin TRIAC.CTRL del U-541 puede entregar hasta 24 mA. Se dispone de una tabla de datos para programar el tiempo de disparo respecto al cruce por cero de la señal senoidal, esto implica que se pueden trazar curvas de disparo muy flexibles. Y además basta definir las en un archivo de hoja electrónica “excel” y luego llevar la tabla a la propiedad tabla del TRIAC 94h.

En el montaje se ha utilizado la tabla por defecto que viene de fábrica en el dispositivo. Se controla una carga resistiva, un bombillo. Nuevamente se ha utilizado optoacoplamiento para proteger el dispositivo “PowerBus”. En un montaje definitivo, el optoacoplador se incluiría siempre y cuando los costos asociados (diseño, fabricación de impreso, materiales) no sea muy significativos, de otra forma sería preferible utilizar el procesador U-541 directamente, pero teniendo cuidado con las protecciones respectivas en el circuito de la puerta del dispositivo.

En el mapeo de las variables virtuales hacia los puertos de entrada/salida, se presenta un problema en la actual versión del “firmware”. La herramienta de desarrollo genera precauciones de conflicto por duplicidad de referencias a un mismo puerto. En particular para una variable virtual asociada al apuntador “Intensity” que haga referencia al pin de control del triac, genera precaución de conflicto con los pines de conteo de pulsos y de intervalo de tiempo de ese conteo. Sin embargo, el error se presenta es en la herramienta de desarrollo y no en el “firmware” del “chip”, por tanto, se puede utilizar esa referencia.

4.1.3 Topología y el alcance de la red

La red es manejada por el “host” primario conectado a través del puerto serial al dispositivo “PowerGate”. Los nodos esclavos también pueden tener su propio “host”, bien sea un computador o un microcontrolador o ningún procesador adicional.

En el caso de la red implementada, para el planteamiento de una solución al problema de la investigación, no se necesitan “hosts” adicionales en los nodos esclavos. Es suficiente con el procesador U-541. No obstante podrían conectarse microcontroladores si se quisiera una mayor potencia computacional en el nodo. La Figura 28 muestra esa posible opción con un procesador para despliegue mediante pantalla de cristal líquido, aunque para esa aplicación, el U-541 tiene recursos suficientes.

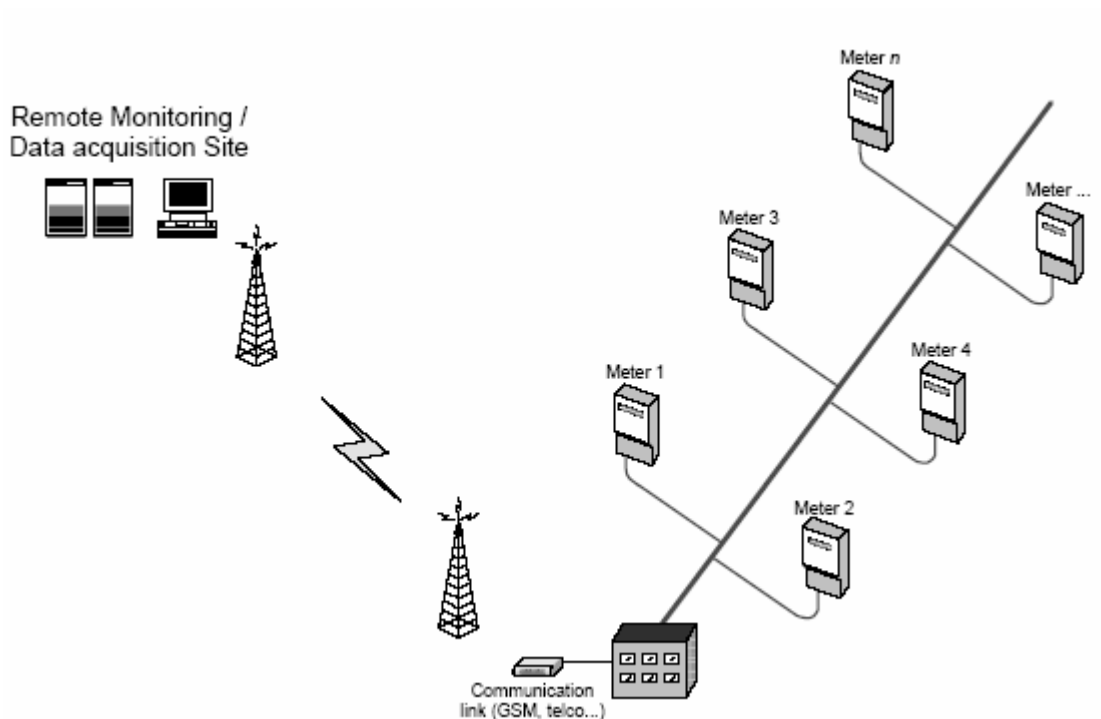


Figura 28 Opción de conexión de un “host” externo a un nodo esclavo

La topología físicamente es un barraje (“bus”) puesto que se comparte el cable de la red eléctrica; y es centralizada, desde el punto de vista lógico.

La red implementada tiene tres nodos que ocupan una pequeña parte del espacio de direcciones disponibles en el protocolo: 1021 posibles redes con 1021 esclavos por red. Para las necesidades locales de lectura automática de medidores, es generosamente suficiente.

Una red AMR podría lucir como la ilustrada en la Figura 29.

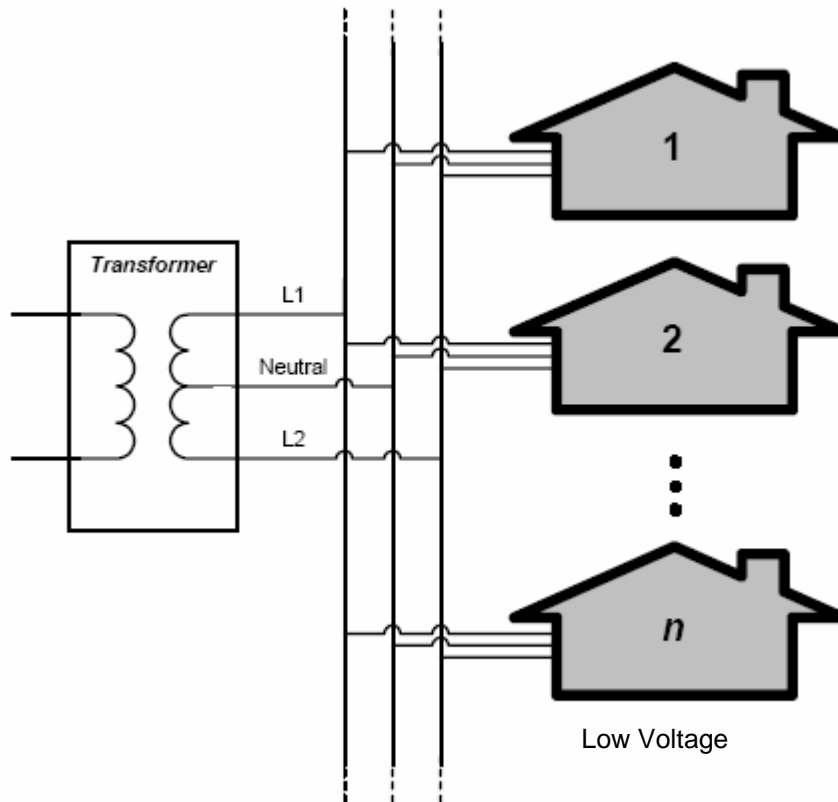


Fuente: Domosys Corporation

Figura 29. Topología de red para AMR

En cada casa habría un procesador U-541 en un dispositivo similar a la unidad “PowerCard”, pero únicamente con la conectividad necesaria según la aplicación específica. El nodo se conectaría a la fase donde tenga mayor conectividad y no sature la red.

Entonces, el lugar donde se configura la red es el lado de baja tensión del transformador de distribución, como se muestra en la Figura 30.



Fuente: Domosys Corporation

Figura 30 Diagrama de la disposición de la red eléctrica donde se configura una red "PowerBus"

Para el direccionamiento, la dirección de unidad o estación, es de 14 "bits", almacenados en dos propiedades llamadas "PB Node Address" y "SN Address". A pesar del término SN Address, no hay el concepto de subred dentro del protocolo "PowerBus" versión "Master/Slave". La dirección de red la constituyen 10 "bits" almacenados en la propiedad "Logical Network Address". El anexo N presenta un ejemplo del esquema de direccionamiento para "PowerBus" maestro/esclavo versión 3.0.0.

4.1.4 Pruebas de conectividad, confiabilidad y validez de primitivas

Mediante la herramienta “software” “Burn In”, se efectuaron verificaciones de paquetes transmitidos y recibidos entre diferentes puntos origen destino. En la mayoría de las pruebas no se utilizó la característica de enrutamiento, la cual permite extender el alcance en la medida que haya más nodos esclavos actuando como enrutadores.

La herramienta utiliza la API de “PowerBus” para el envío de primitivas hacia los nodos esclavos. Se verificó la funcionalidad de la transmisión entre fases sin necesidad de transformador de acoplamiento. Igualmente se verificó la transmisión entre fases mediante transformador de acoplamiento.

El anexo J muestra un ejemplo de salida de la herramienta “Burn In”. Todos los guiones son similares, e incluyen instrucciones “GET” o “SET” que operan sobre propiedades o sobre variables virtuales. Los guiones se diseñaron para revisar la confiabilidad de la transmisión en tres tamaños de mensaje: cortos (alrededor de 12 “bytes”), medianos (alrededor de 128 “bytes”) y largos (alrededor de 256 “bytes”). Ningún guión incluyó operaciones “SET” sobre propiedades.

Se realizaron pruebas de transmisión de 100 ó 1000 peticiones a los esclavos desde el computador del nodo “host”. Las peticiones involucraban respuestas de tamaño pequeño y mediano. La tasa de éxito estuvo en la mayor parte de las pruebas por encima del 90 %. Algunas pruebas arrojan efectividad del 100 %, principalmente sí son en la misma fase y los mensajes son de tamaño pequeño. En algunas noches, la tasa disminuye para transmisiones entre fases hasta el 60% para una misma distancia y bajo condiciones aparentemente especiales (programaciones de televisión de alta sintonía). El anexo O presenta cuadros de resumen de las pruebas realizadas.

En lo concerniente a las pruebas de primitivas “SET” para cambiar los valores de variables, la tasa de éxito está por encima del 98%, puesto que las variables volátiles son cortas y los mensajes por tanto también. Cuando los mensajes son de tamaño mediano, hay una tasa de éxito usual del 95%.

Para mensajes largos, se manifiesta la debilidad del protocolo y del medio. Ello se comprobó al transmitir mensajes de primitivas “GET” Property de longitud 253 “bytes”. Para peticiones de primitivas cortas la tasa de éxito es alta. Mientras que para las primitivas largas, el desempeño cae algunas veces a valores del 40 %.

Para transmisiones en una misma fase, la tasa de éxitos es usualmente mayor al 98% y puede lograrse un alcance por encima de los 200 metros. Las pruebas arrojan una distancia de por lo menos 100 metros por fase para llegar a un dispositivo situado en otra fase, sin necesidad de usar transformador de acoplamiento. Con transformador de acoplamiento, la señal por lo menos puede llegar 100 metros más lejos.

Hay que tener en cuenta que la confiabilidad tiende a mejorar en horas de bajo ruido en la línea, entre las 9 a.m. y las 10 a.m. y entre la 11 p.m. y las 5 a.m. Por supuesto, el cambio puede ser en contra, pero ello suele ocurrir solo en tempranas horas de la noche y al mediodía.

Es preciso aclarar, que además necesariamente influyen otros factores como la calidad del tendido de la red y el calibre de los conductores. Y se debe señalar que las pruebas se realizaron desde puntos de instalaciones internas hacia otros puntos de instalaciones internas residenciales, luego la confiabilidad para la lectura directamente en el medidor debería ser un poco mayor, al disminuir la distancia y porque las diferentes fuentes teóricas recalcan que en los tableros de

automáticos de las instalaciones se atenúan las señales por las pérdidas debidas a la resistencia en los contactos de los interruptores.

Otra prueba realizada consistió en conectar electrodomésticos en el mismo punto donde se conectaron los dispositivos “PowerBus”. En particular un horno microondas, una licuadora, un taladro no afectaron la tasa de éxitos en la transmisión de las tres clases de mensajes generados mediante los guiones ejecutados por la herramienta “Burn In”. Ello se realizó estando el dispositivo maestro y los dispositivos esclavos sobre la misma fase y en diferentes fases, y aplicado el ruido sobre el dispositivo maestro o sobre un dispositivo esclavo. Igualmente una unidad ininterrumpida de potencia conectada en el mismo circuito no afectó la calidad de las transmisiones. Y la señal no se propagó a través de un transformador de aislamiento (utilizado para protección de equipos de cómputo).

Otro resultado de destacar es la variabilidad observada en los tiempos de respuesta cuando la red eléctrica tiene elevada carga de usuarios, por ejemplo en horas iniciales de la noche; ello es notorio, para transmisiones de mensajes largos.

Mediante la herramienta “Sdiags” se realizaron pruebas del funcionamiento de primitivas “GET” y “SET”, tanto en entradas sencillas o en guiones automatizados de ejecución. La herramienta permite verificar la correcta operación de las diferentes primitivas al emitirlas en formato hexadecimal.

El anexo K presenta un listado del guión de primitivas base ensamblado y utilizado para pruebas con “Sdiags”. También el anexo L muestra resultados de una ejecución de ese guión. Cada primitiva del guión se elaboró para revisar la funcionalidad de la API de “PowerBus”.

El anexo M presenta dos análisis de la velocidad de transmisión de datos a partir de las pruebas de confiabilidad realizadas.

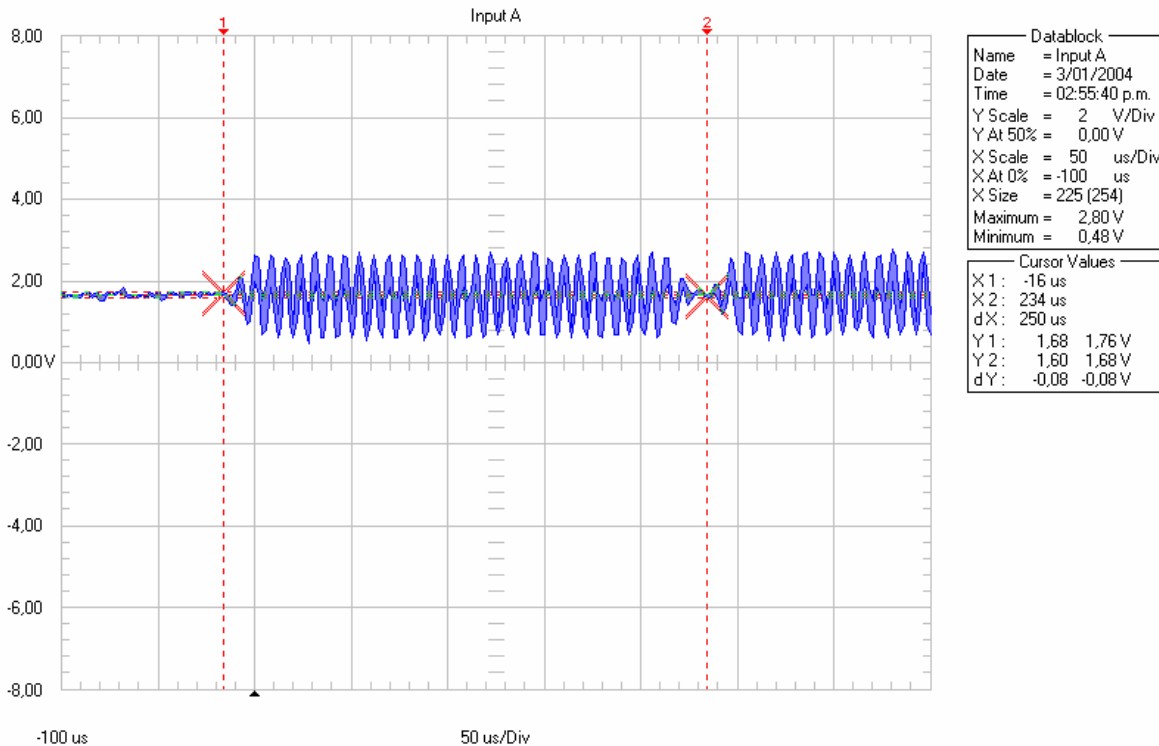


Figura 32 Detalle de una señal "PowerBus"

Los mensajes "PowerBus" están codificados en banda angosta mediante una nueva técnica de modulación definida por "Domosys Corp." como RYSK ("Reduced Yaw Shift Keying") que es una extrapolación de algunos principios de espectro expandido al ámbito de las señales de codificación banda angosta como MSK y BPSK.

La Figura 33 ilustra una secuencia de los elementos de señal o símbolos de un mensaje "PowerBus", donde cada símbolo es un pulso como el de la Figura 32.

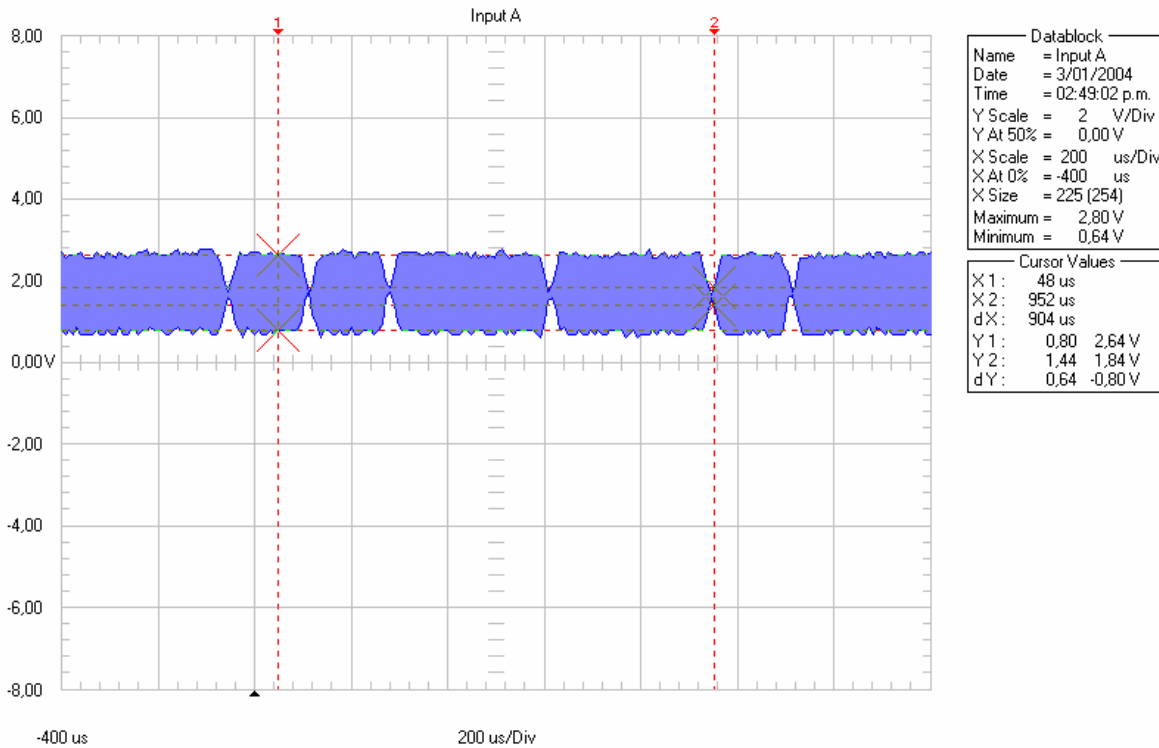


Figura 33 Elementos de señal de un mensaje “PowerBus”

Las figuras 34, 35 y 36 presentan señales para diferentes tamaños de mensajes “PowerBus”, tomadas desde la línea de energía mediante un circuito de acoplamiento mediante transformador, a diferencia de las señales de las figuras 31, 32 y 33 que son tomadas desde el terminal o pin de salida de señal análoga del circuito U-541.

La Figura 37 ilustra parte de la señal “PowerBus” en un proceso de revisión de la conectividad (“ping master process”).

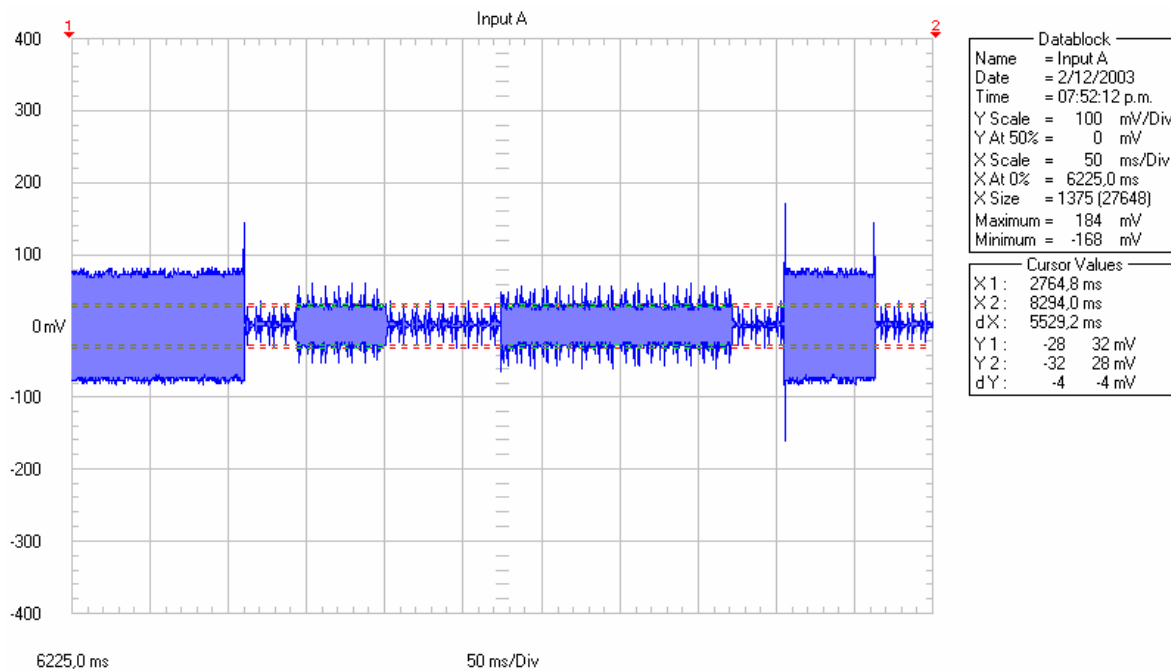


Figura 34 Ejemplo de señal "PowerBus" para diferentes tipos de mensajes

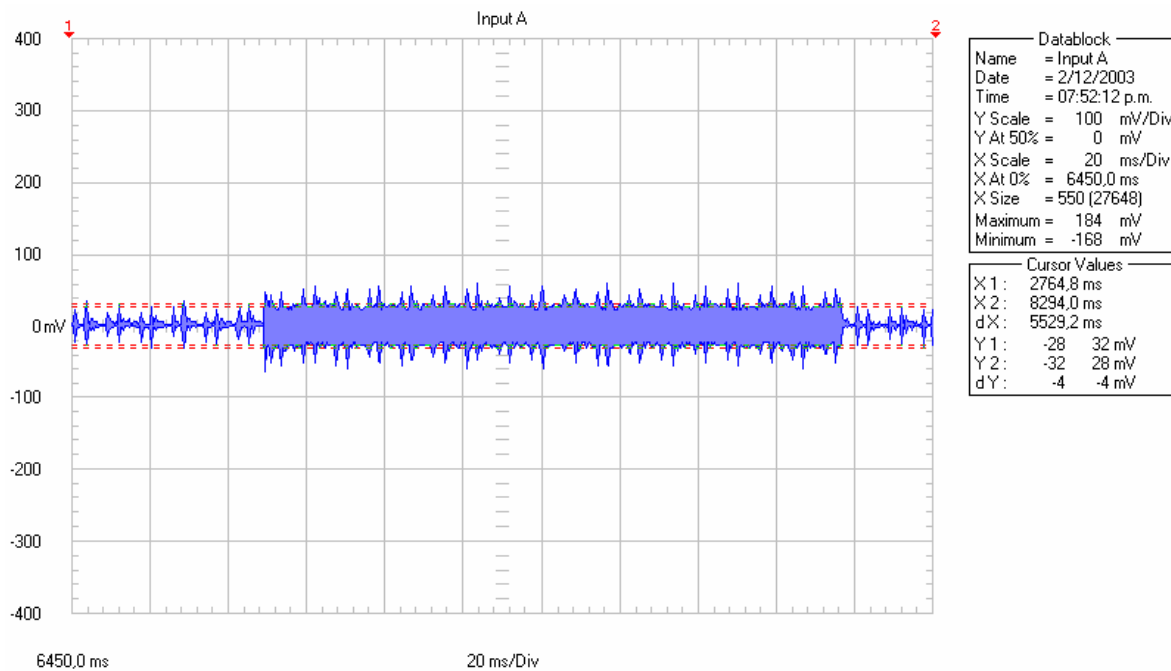


Figura 35 Ejemplo de señal "PowerBus" para un mensaje largo

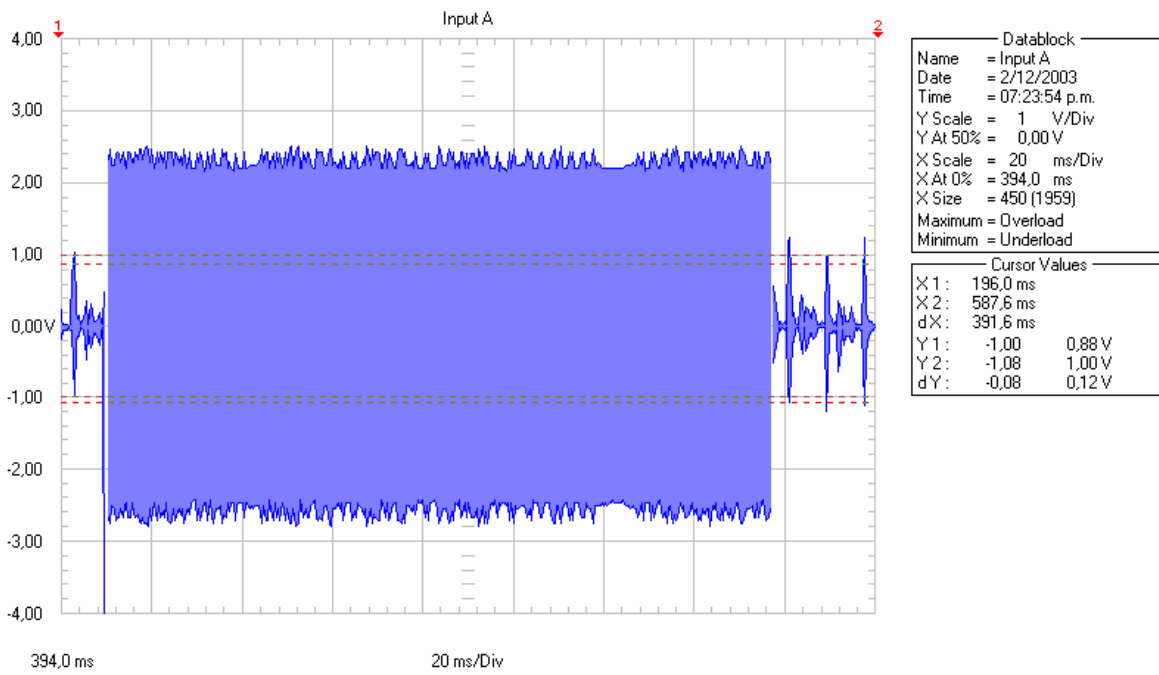


Figura 36 Trama "PowerBus" en la línea de energía

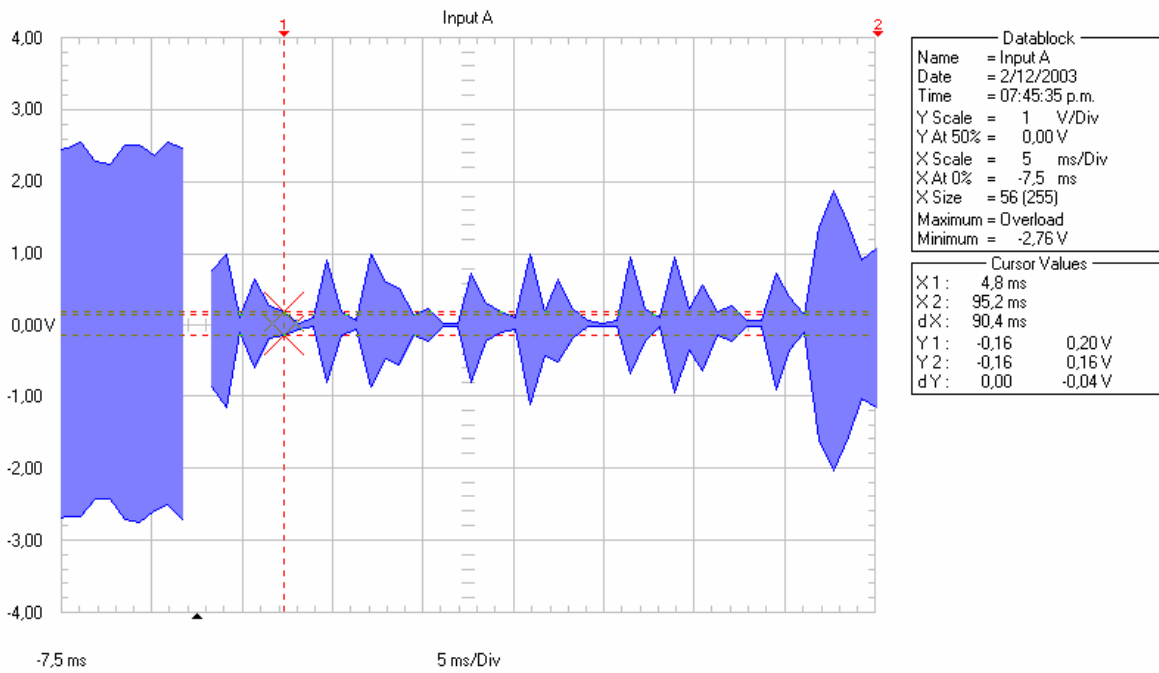


Figura 37 Señal para tramas en el proceso de revisión de conectividad

4.1.6 Características relevantes del protocolo

La versión maestro/esclavo de “PowerBus” se ajusta específicamente a las necesidades de un sistema de lectura automática de medidores. Todas sus características están seleccionadas para ese propósito junto a tareas complementarias como el control de luminarias de alumbrado público y otras no tan complementarias, pero muy importantes, como la conexión y desconexión de clientes. No obstante, tiene suficiente versatilidad como para aplicarse en otras tareas, como por ejemplo sistemas de alarmas y redes para control remoto de electrodomésticos desde un centro de operaciones.

Dentro de las diversas características se destacan el servicio de enrutamiento, la flexibilidad para la definición de la configuración de los dispositivos mediante variables virtuales y propiedades, el servicio de seguridad y encriptación, la sencillez de la programación de los dispositivos mediante “V-Logic”, la flexibilidad en el mapeo a los periféricos del procesador U.541, su conectividad a través de la API y de las interfaces SPI y UART, la diferenciación de los aspectos de fabricación y de instalación, la implementación de control de errores en el destino (“FEC: Forward Error Correction”) que permite la elevada tasa de efectividad del protocolo y reduce el tráfico innecesario en la red, la poca o ninguna necesidad de utilización de transformador de acoplamiento para la propagación de las señales “PowerBus” entre las diferentes fases de la red eléctrica.

Además es importante el poco ancho de banda utilizado por la señales “PowerBus” y el cumplimiento de estándares sobre emisiones de radiaciones electromagnéticas.

Y finalmente, las herramientas disponibles para experimentación, desarrollo e instalación de la red permiten hacer real la implementación del protocolo.

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Las diferentes pruebas realizadas muestran un protocolo sólido y eficaz que cumple la tarea básica de entregar los datos y que además permite configurar una red estable.

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas muestran una concordancia con lo estipulado en las especificaciones técnicas de “PowerBus”.

El reducido ancho de banda de la señalización reduce la ventana de vulnerabilidad frente al ruido. En particular afectan a la señal los ruidos producidos por aparatos de frecuente conmutación como las unidades interrumpidas de potencia por conmutación.

Otro factor a favor de la técnica de banda angosta en la modulación de “PowerBus” es que las líneas de distribución de energía se comportan como antenas y a mayor ancho de banda mayor sería la receptividad hacia los ruidos.

EL mecanismo de relevo de mensajes entre nodos, es un algoritmo inspirado en el encaminamiento por árbol expandido utilizado en las redes de computadores locales cableadas clásicas (“Ethernet” y “Token Ring”). Este enrutamiento permite superar entornos ruidosos con una adecuada distribución en la red eléctrica de los nodos enrutadores.

La dimensión de la red que se puede configurar con “PowerBus” es sumamente adecuada para el entorno local, puesto que las redes en las empresas de distribución de energía en Colombia tienden a ser pequeñas, en particular las existentes en Santander.

La velocidad de transmisión que se logra es adecuada para la solución del problema de transmitir datos de consumo de energía e incluso para permitir el control del suministro de energía a los clientes de una empresa de distribución de energía. Es decir podría permitir comandar la desconexión y conexión de los clientes individualmente.

La operación centralizada permitiría el control pleno de la transmisión en un centro de despacho.

Por su baja velocidad, "PowerBus" no es apta para aplicaciones de transferencia de datos tipo archivo, multimedia o correo electrónico. Es eminentemente una tecnología para redes de control y monitoreo, donde usualmente no se requiere alta velocidad.

Dentro de los aspectos críticos de los nodos, están las características de energización y de señal digital. El fabricante es sumamente explícito respecto a como deben ser las fuentes a usar para energizar los dispositivos "PowerBus". Ello es evidente en los circuitos utilizados en las interfaces, se debe cumplir al máximo lo estipulado por el fabricante.

Igualmente es importante, la utilización de los puertos de los dispositivos de la serie U-540, porque algunos se utilizan con doble propósito y el no seguimiento de las especificaciones podría conducir a daños irreparables en el dispositivo.

Considerando las características de puertos de "PowerBus", podría realizarse control de velocidad de motores de corriente alterna y de corriente continua usando esta tecnología, bien desde un "host" con microcontrolador o desde un computador personal, usando una pareja de nodos maestro/esclavo.

En general “PowerBus” podría utilizarse en sistemas de control centralizados, más cuando ellos requieran energización de corriente alterna a través de un cableado. Sí los aparatos a controlar tienen energización propia, tal vez sería mejor considerar soluciones de redes inalámbricas tipo “Bluetooth” o “Zigbee”.

Asumiendo que se transmitan mensajes de 16 “bytes” con el contenido de las variables que almacenan la cuenta de la medición del consumo y suponiendo que la red “PowerBus” se opera en modo robusto, entonces los 1021 nodos esclavos podrían leerse en menos de cinco minutos. Para ello, el “host” debería suspender las operaciones “ping” y luego del sondeo reanudarlas.

Ahora, sí los nodos responden solo en caso de variaciones significativas del consumo, la lectura podría ocurrir en un menor tiempo.

A pesar de que las medidas del consumo recolectadas en los sondeos no son simultáneas, se podría utilizar esas lecturas para tener una estimación del consumo total sobre la red de un mismo transformador de distribución.

Es sumamente ventajoso que “PowerBus” pueda tener conectividad a redes TCP/IP a través de una compuerta (“gateway”) que incorpore en ella un dispositivo “PowerBus” tipo maestro.

La utilización de múltiples nodos en la red permitirá elevar la confiabilidad de las comunicaciones al disponerse de repetidores que permitan contrarrestar la atenuación sufrida por la señal debido a las variaciones dinámicas de la impedancia característica del medio.

La utilización de modulación de banda angosta, disminuye la velocidad de transmisión de datos respecto a las técnicas de banda ancha, pero permite utilizar mayor potencia para mejorar la relación señal/ruido en la banda utilizada.

La estandarización en protocolos para transmisión por línea de potencia es un factor de decisión muy importante, pero también influye fuertemente las condiciones de competitividad en el mercado.

El transmisor y el receptor de "PowerBus" derivan su buen desempeño en el DSP incorporado en el "chip". Además el acondicionamiento de señal que realiza el circuito MIC, restringe el ancho de banda para que no se sobrepasen las especificaciones sobre radiación electromagnética en Europa bajo la norma "CENELEC EN50065-1" y "FCC part 15 class B" en los Estados Unidos.

Para nuestro medio, en particular las redes de Bucaramanga, los niveles de señal emitidos por los nodos podrían estar por debajo de lo usado en los parámetros por defecto de transmisión dada la corta extensión de los tramos de red.

En Colombia, las normas de radiación y utilización de ancho de banda especifican la utilización de la zona de los 30 KHz a los 300 KHz para servicios de comunicaciones fijos, móviles marítimos, de radionavegación marítima y para radiolocalización a través del "Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias" (resolución número 000798 del 8 de junio del 2001) y de la resolución número 000797 del 8 de junio de 2001, en la cual se asignan unas bandas para libre utilización y una de ellas cubre el ancho de banda de la señal "PowerBus".

Por consiguiente sería necesario cumplir las limitación de potencia radiada especificadas en la normatividad particular de los servicios citados; así como gestionar la asignación de algunas restricciones, puesto que en la tabla 3.5 de la resolución 000797 citada no se especifica límite de potencia o de intensidad de campo para tres frecuencias particulares disponibles para "alarmas, sensores y desmovilizadores para vehículos".

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Con este trabajo se verificó que si se puede transmitir datos en las redes de distribución de energía eléctrica a baja tensión de Bucaramanga, mediante la tecnología “PowerBus”.

El protocolo “PowerBus” adolece de características completas de “broadcast” y “multicast”, lo cual sin embargo, no afecta las aplicaciones de lectura automática de medidores.

“PowerBus” hace un uso eficiente del ancho de banda, permite una disminución del ancho de banda utilizado respecto al usado en técnicas basadas en espectro expandido.

“PowerBus” debe preservar bajos costos de instalación para que sea competitiva con tecnologías inalámbricas por propagación de ondas de radio.

La tecnología “PowerBus” ofrece una solución de mercado semiabierto para los desarrolladores y no encadena la implantación y evolución de los servicios a procesos de homologación de marca que encarecen y ralentizan la implantación. Además ofrece una gran flexibilidad a la instalación pues no está sujeta a modelos de dispositivos, y por tanto tales dispositivos pueden ser modelados según las necesidades particulares de la implantación.

“PowerBus” en su versión maestro/esclavo no es conveniente para proyectos domóticos, para ello se recomienda la versión igual a igual (“peer-to-peer”).

Una buena instalación “PowerBus” depende fuertemente de las habilidades y conocimiento por parte del instalador respecto a “PowerBus” y a los aparatos a conectar en red y de la claridad de las instrucciones de instalación.

PowerBus es una tecnología madura y no una tecnología en desarrollo. A pesar de ello, tiene una fuerte potencialidad de crecimiento y nuevos servicios se pueden incorporar a ella, dada la versatilidad de los “chips” utilizados.

PowerBus es una tecnología candidata a ser utilizada en las redes de distribución de Bucaramanga para la transmisión de datos de baja velocidad, en particular los relacionados con el consumo de energía.

La implantación de redes usando “PowerBus” permitiría desarrollar un entorno tecnológico local para la fabricación (ensamble) de dispositivos “PowerBus”, para desarrollo de “software” de nivel aplicativo y para gestión de redes en otros ámbitos (acueducto, gas domiciliario).

La medición fina o granular del consumo podría usarse en el montaje de mecanismos para evaluar las condiciones de suficiencia y calidad de las redes de distribución. Por ejemplo, se podría saber si un transformador suele estar en condiciones de operación al tope de su capacidad.

PowerBus puede coexistir en la misma red eléctrica con otras tecnologías de control por línea de potencia como son “LonWorks” y la legada X-10.

También, “PowerBus” puede coexistir con las redes de alta velocidad por línea de potencia, como “HomePlug”.

“Powerbus” se puede utilizar para la lectura de alarmas contra incendio o robo o similares desde una central de monitoreo.

Con redes “PowerBus” maestro/esclavo se pueden definir mecanismos para el control de pérdidas mediante la instalación de redes permanentes o temporales para la transmisión de los datos de mediciones del consumo de energía.

Las redes “PowerBus” maestro/esclavo no solamente pueden ser útiles para sistemas AMR, pueden serlo también para la creación de sistemas de análisis del consumo y proyección de la demanda. Igualmente pueden facilitar la creación de herramientas de gestión de las redes de distribución, incluso a nivel de detalle del cliente y no solo por grupos de clientes.

En la selección de una tecnología para transmisión de datos mediante portadora por línea de potencia (“PLC: Power Line Carrier”), la decisión además de tecnológica, es fuertemente una decisión de costo/beneficio.

En el desarrollo y evolución de las diversas tecnologías para redes PLC influye notablemente la situación económica mundial y diversos factores derivados del mercado y las innovaciones en los sectores tecnológicos como los de semiconductores, del “software” y las redes. Los inversionistas exigen beneficios y entonces se impone la venta de productos sobre el desarrollo de estándares o sobre la calidad o vigencia de los productos ofrecidos.

El mercado en lectura automática de medidores (“AMR: Automatic Meter Reading”) muy pronto comenzará a declinar en los países desarrollados y los países como Colombia están expuestos a ser compradores de tecnologías obsoletas con elevados costos de reposición de equipos.

Una red para transmisión de datos por línea de potencia en redes de distribución debería pensarse más allá de la lectura automática de medidores. Debería ser una red para la gestión del consumo y del servicio de distribución de energía con elevado grado de personalización respecto al cliente.

La ley 697 de octubre 3 del 2001 declaró el “Uso Racional y Eficiente de la Energía como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional”. Una red como la que se puede implantar con “PowerBus” podría permitir la definición de mecanismos de tarificación especiales que ayuden a racionalizar el consumo de energía. También pueden permitir la implementación de mecanismos para el control de la calidad en la distribución de la energía en pro de una utilización eficiente de la misma, así como de las redes eléctricas de distribución.

5.2 RECOMENDACIONES

Se sugiere desarrollar implantaciones piloto de la tecnología en la acometida de todos los clientes conectados a un mismo transformador de distribución.

Se debería desarrollar localmente una aplicación tipo compuerta (“gateway”) para darle conectividad TCP/IP a la red “PowerBus”.

Se recomienda realizar un estudio de diseño y factibilidad económica de una red metropolitana para la lectura de medidores usando “PowerBus”.

Se debería utilizar el nuevo módem que incorporará conectividad GSM, de manera que se pueda transmitir por redes de telefonía móvil los datos de los clientes conectados a un mismo transformador hacia un computador ubicado en una subestación, por ejemplo. Igualmente la conectividad Ethernet de ese módem, permitirá el desarrollo de implantaciones de mayor conectividad y desempeño.

Se debería estudiar la conveniencia de recoger los datos de los medidores de agua y gas, teniendo en cuenta las restricciones y medidas de seguridad inherentes a esos recursos.

Sería conveniente evaluar la viabilidad técnica y de costos para la fabricación de dispositivos “PowerBus” localmente con fines comerciales.

Es altamente recomendable disponer de un dispositivo maestro configurado de manera idéntica al que este en operación, en reserva, listo para ser incorporado a la red como reemplazo de un maestro que falle.

Sería muy conveniente desarrollar una aplicación “software” para en caso de falla, realizar una transferencia rápida y automática del control de la red hacia un segundo dispositivo serie U-530 conectado al “host” maestro.

Se podría desarrollar un proyecto piloto para evaluar la conveniencia de control del alumbrado público usando redes “PowerBus”.

En ninguna circunstancia debe usarse “PowerBus” en aplicaciones críticas o en aplicaciones de soporte a servicios de salud.

Sería de gran utilidad el desarrollo de un sistema GIS/GPS para la ubicación y relocalización de los nodos de una red “PowerBus”. Ello permitiría diseños óptimos de redes “PowerBus” maestro/esclavo no solo para aplicaciones de lectura automática de medidores o AMR, sino en otro tipo de aplicaciones, por ejemplo para diagnóstico y control de la calidad en la prestación del servicio de energía eléctrica o de gas domiciliario o de agua.

La disponibilidad de un sistema GIS asociado a redes “PowerBus” permitiría el control fino o granular del consumo de energía. Podría ordenarse la desconexión de determinados tipos de cargas o clientes, según diferentes parámetros (localización geográfica, estrato, morosidad en el pago, consumo elevado o suntuoso). Ello sería muy útil en diferentes situaciones, pero en particular en condiciones de consumo elevado de potencia, cuando la red es susceptible de volverse inestable.

Se recomienda desarrollar un sistema para la medición de parámetros eléctricos y de otro tipo que sean transmisibles por una red “PowerBus”, que permita mejorar el diagnóstico (preventivo, correctivo y predictivo) de fallas así como la evaluación del desempeño de las redes eléctricas de distribución.

Con una red AMR como la instalable y configurable con “PowerBus”, las empresas distribuidoras de energía eléctrica podrían ofrecer a los usuarios el acceso, a través de Internet, a los valores del consumo de energía. Igualmente podría almacenar el historial y perfil de consumo del cliente, y permitir el acceso remoto a él, para que el cliente conozca y pueda reconsiderar la forma como utiliza la energía en pro de un uso eficiente de la misma.

Se recomienda entonces desarrollar proyectos de desarrollo de aplicaciones para servicios de valor agregado utilizando XML, WAP y GSM disponibles en las redes TCP/IP y de telefonía móvil, para ofrecer los servicios de consulta del perfil de consumo de energía y el consumo en curso o al momento de hacerse la consulta. Además, podrían ofrecerse servicios de control de determinados aparatos o la monitorización del estado de sensores o alarmas. Un centro de control y monitorización recibiría las solicitudes y a través de la red “PowerBus” realizaría las consultas o comandos sobre los nodos de la red.

Se debería desarrollar un proyecto de experimentación y prototipo para la medición electrónica del consumo de energía, que incluya la medida de consumo de energía activa, energía reactiva, energía aparente, tensión RMS y corriente RMS. En ejecución simultánea, se debería desarrollar un proyecto de experimentación y prototipo para captura de esas medidas y la transmisión a través de una red maestro/esclavo "PowerBus".

GLOSARIO

Acoplador AC

Un transformador pequeño que junta la señal de comunicaciones de “PowerBus”™ entre el módulo MIC para AC y la corriente alterna de la línea.

CEBus o “Bus” de Electrónica de Consumidor

Un estándar de comunicaciones para redes en el hogar definido por la Asociación de Industrias Electrónicas EIA (“Electronic Industry Association”) y la Asociación de Fabricantes de Electrónica para Consumidor CEA (“Consumer Electronics Association”). El estándar ha sido concluido pero no se producen actualmente productos o dispositivos bajo este estándar.

Circuito de Interfaz al Medio (MIC)

Un módulo pequeño que interconecta un circuito integrado de “PowerBus” al medio. El MIC es un circuito análogo que proporciona la amplificación de la señal y que realiza funciones de filtrado. Cada dispositivo de “PowerBus” requiere un MIC, o un circuito equivalente, para comunicarse sobre el medio.

Detección dinámica o descubrimiento

Proceso por el cual un sistema puede detectar que un nuevo dispositivo ha sido añadido o retirado de el. Este proceso permite al “software” del nodo maestro actualizar la información que posee del estado de la red.

Dirección de unidad

El código de 14 “bits” asignado a un nodo para identificarlo en la red.

Dispositivos de consumidor.

Dispositivos electrónicos para el consumidor tales como teléfonos para Internet, cajas de control de electrodomésticos, impresoras, escáners o rastreadores, etc.

Dispositivo “PowerBus”

Cualquier dispositivo que incluya circuito integrado U-531 o U-541.

Encaminador (“router”)

El dispositivo U-541 que utilizado en modo maestro/esclavo enruta los mensajes “PowerBus” de un nodo a otro, de manera que a través de él, el nodo maestro pueda llegara dispositivos alejados del nodo maestro. Cada dispositivo (esclavo o maestro) contiene una tabla de enrutamiento, la cual le indica la dirección del “router” en el camino al dispositivo destino. Un enrutador puede ser utilizado para varias rutas. Cualquier esclavo puede convertirse en enrutador sí así lo decide el nodo maestro.

Escenario “V-Logic”

Un guión interpretado de código “V-Logic” que causa modificaciones al estado de las variables virtuales. Hay dos tipos de escenarios: lógica de fabricante y lógica del instalador. La lógica del fabricante no puede ser modificada por el instalador en el campo. Los escenarios codificados con “V-Logic” se almacenan en memoria “flash” y su ejecución no requiere de un controlador o procesador central.

Esclavo

Un esclavo es un dispositivo que contiene circuito integrado de la serie U-540, por ejemplo U-541. Forma parte de una red local “PowerBus” y controla o monitoriza un dispositivo local (por ejemplo un medidor de consumo de energía) conectado a él. El esclavo puede transmitir al nodo maestro solo cuando este lo solicite. Los nodos esclavos no pueden utilizar variables virtuales de otros dispositivos.

Herramienta de desarrollo de “PowerBus”

(“PowerBus Development Tool”)

Una herramienta “software” para “Windows” usada por los desarrolladores para diseñar los dispositivos “PowerBus” (PB). La herramienta se utiliza para configurar y para descargar una configuración en un dispositivo de “PowerBus”. Esto se realiza localmente, conectando el dispositivo de “PowerBus” con el puerto serial del computador. Las configuraciones creadas con la herramienta de desarrollo del PB se guardan en una sección protegida de la memoria del dispositivo del PB, y no se pueden modificar en el campo (en la instalación) de la red.

Herramienta de Instalación de “PowerBus”

(“PowerBus Installation Tool”)

Una herramienta “Windows” basada en “software” para crear variables virtuales de campo al momento de la instalación de la red y para definir los escenarios o panoramas de operación de la red mediante código “V-Logic” de campo. Esta herramienta de la instalación se puede utilizar localmente en el sitio de red lógico, o remotamente a través de Internet. La herramienta de instalación de “PowerBus” se debe conectar con el medio vía un dispositivo que integra un IC de la serie U-530 conectado a un puerto serial, tal como un módem “PowerGate”.

Identificador oculto

Una variable única de 6 “bytes” utilizada durante la puesta en práctica del servicio de la instalación. La identificación oculta se genera durante la fabricación de los circuitos integrados U-531 y U-541, y se almacena permanentemente en ellos. La identificación oculta no puede ser alterada o ser borrada. La identificación oculta es visible a los dispositivos de “PowerBus” en red pero invisible a los usuarios.

Identificador visible (“Visible ID”)

Una variable única de 6 “bytes” utilizada en el procedimiento de instalación. El identificador visible se genera durante la fabricación del circuito integrado “PowerBus” y se almacena de forma permanente en él. Su valor es visible por los nodos de la red.

Interfaz para el Programador de Aplicaciones

“PowerBus Application Programmer’s Interface” (“PB API”)

Éste es un conjunto de primitivas usadas para intercambiar la información entre un circuito integrado de “PowerBus” y un procesador anfitrión o computador (“host”). Todos los dispositivos “PowerBus ICs” pueden manejar estas primitivas, a través de dos interfaces dispuestas en cada uno de ellos: la UART y la SPI. Este sistema de primitivas se define la hoja de especificaciones de cada circuito integrado “PowerBus”. Hay dos manejadores de dispositivo “PowerBus” disponibles para acceder a las primitivas “PowerBus”, una para “Windows” y otra para “Java”.

Lenguaje “V-Logic”

Un lenguaje interpretado que puede correr en cualquier dispositivo “PowerBus”. Las herramientas “PowerBus” de desarrollo y de instalación utilizan este lenguaje para crear escenarios “V-Logic”. Cada dispositivo “PowerBus” tiene un interpretador de código “V-Logic” para procesar los escenarios almacenados en el dispositivo.

Maestro

Un maestro o amo es un dispositivo de “PowerBus” que incluye un “IC” de “PowerBus” de la serie U-530, por ejemplo U-541. Controla una red maestro/esclavo de “PowerBus” que contiene unos o más dispositivos de “PowerBus” esclavo de la serie U-540. Un maestro o amo puede controlar hasta 1021 esclavos.

Maestro/Esclavo

Una red de “PowerBus” integrada por un circuito integrado de la serie U-530, por ejemplo U-531 (maestro) y unos o más dispositivos (auxiliares) de “PowerBus” de la serie U-540, por ejemplo U-541. Los mensajes de “PowerBus” se transmiten bajo pedido del maestro o amo: los esclavos nunca transmitirán un mensaje sin primero haber recibido una petición de su nodo maestro. Por tanto, no hay difusión de mensajes en una red maestro/esclavo. Aunque el código “V-Logic” de campo se puede crear en dispositivos esclavos, puede utilizar solamente V²s locales; por lo tanto, los esclavos no pueden actuar sobre V²s de otros dispositivos. Los mensajes de un maestro se pueden encaminar a través de varios dispositivos auxiliares para alcanzar los esclavos de la destinación que son demasiado lejanos para la comunicación directa. Maestro/Esclavo se diseña para las redes grandes de centenares o de millares de nodos.

Configuración o “personalidad”

Una configuración del dispositivo de “PowerBus”(Tm) es un sistema de características configuradas de un dispositivo de “PowerBus” guardado en un archivo mediante la herramienta de desarrollo de “PowerBus”. El conjunto completo de características definidas por el fabricante de un dispositivo de “PowerBus” junto con las variables virtuales del fabricante, la lógica del fabricante y la información del dispositivo. Las características definidas en el campo no se consideran como parte de la configuración del dispositivo.

PIN

Una variable de 10 “bytes” usada durante el procedimiento de instalación. El PIN se genera durante la fabricación de “PowerBus lcs” y es utilizado por el servicio de seguridad de “PowerBus”. El PIN es visible al desarrollador vía la API de “PowerBus”, pero no es visible a los dispositivos de “PowerBus” en la red. Es

recomendable que el fabricante provea de la información del PIN del dispositivo, mediante etiqueta adheridas dispositivo.

“Ping”

En el modo maestro/esclavo, una señal que es enviada por el maestro a los dispositivos esclavos para verificar su presencia en la red, así como la conectividad a cada esclavo.

Servicio de actualización del “firmware”

Un servicio que permite la mejora remota del protocolo de “PowerBus” en dispositivos instalados. Actualiza todos los dispositivos con circuitos integrados “PowerBus” (serie de “ICs U-5xx”) para que contenga nueva versión de las capas del protocolo con seguridad, sin perder la configuración almacenada en el dispositivo. Todas las capas del protocolo pueden ser aumentadas. Hay versiones de servidor de actualización para “Windows”® y “Java” vía la “PowerBus API” (PB API). El PB API se puede alcanzar localmente, usando cualquier “IC” de “PowerBus” cuya interfaz en serie esté disponible para enviar mensajes de la actualización sobre el medio, o remotamente, con una acceso TCP/IP o un interfaz de la telefonía hacia un módem “PowerGate” alejado.

“U-Chip”

Una familia de circuitos integrados diseñados para aplicaciones de redes de control. EL “U-chip” combina un microcontrolador RISC 8052 de alto desempeño con un transreceptor, con memoria de acceso aleatorio, con ROM y memoria “flash” y múltiples periféricos (puertos). El “U-chip” puede incluir la pila completa de un protocolo para interconexión de redes de control incluyendo la capa física. Los circuitos “PowerBus” series U-530 y U-540 vienen programados con la pila de protocolos de “PowerBus”. También hay “U-chips” para cargar en ellos otros protocolos de redes de control, por ejemplo los circuitos integrados de la serie U-900.

BIBLIOGRAFIA

<http://www.domosys.com>

Páginas del sitio Internet de la empresa canadiense “Domosys Corporation”

Documentos y manuales:

PowerBus Technology Overview, November 2002

PowerBus Technology Glossary, Document G-PWB-0100-04, June 2002

PowerBus Technology ICs Datasheet, Firmware Version 3.0 Master/Slave. Document D-PWB-0100, Revision 08, November 2003

PowerBus Technology ICs Datasheet, Firmware Version 3.0 Master/Slave. Document D-PWB-0100, Revision 07, October 2003

PowerBus Technology Release Notes, For Release 3.0.0, Document RN-PWB-0200-01, Revision 08, November 2003

PowerBus Technology PowerGate Modem, User’s Manual, Document UM-PWG-0100-03, October 2002

PowerBus Technology PowerCard Module, User’s Manual, Document UM-PWC-0100-05, October 2002

PowerBus Technology Product Design, Application Note, Document AN-PWD-0100-01, December 2002

PowerBus Technology Medium Interface Card Data Sheet Version F, Document D-MIC-0100-06, April 2003

PowerBus Technology Medium Interface Card Data Sheet Version C, Document D-MIC-0100-02, March 2002

PowerBus Technology "PowerBus" DC Adapter Data Sheet, Document D-PWA-0100-02, September 2002

PowerBus Technology Portable Powerline Lab, User's Manual, Document UM-PPL-0100-03, February 2002

Installation Sheet, Power Line Phase Coupler, Domosys Corporation, Document I-PSC-0100-01.

Power Line Phase Coupler Data Sheet, Domosys Corporation.

PowerBus Development Tool Version 3.0.0, Readme file.

PowerBus Installation Tool Version 3.0, Readme file.

PowerBus Burn-In Tool Version 3.0, Readme file.

PowerBus Quick Reference Guide Master/Slave 3.0

Behrouz A. Forouzan. Transmisión de datos y redes de comunicación. 2ª. ed. McGrawHill 2002 ISBN 84-481-3390-0

Black, Uyles. Tecnologías emergentes para redes de computadoras 2a. edición. ISBN 9701702689 Prentice Hall, 1999

Bray, Jennifer and Sturman, Charles F. Bluetooth: Connect Without Cables 1ª Ed. Prentice Hall 2001

Carlson, A. Bruce. Sistemas de Comunicación. 1ª. Editorial McGraw-Hill. 1980

Couch, Leon W. Modern Communication Systems: Principles and Applications. Englewood Cliffs, NJ. Prentice Hall, 1995

Couch, León. Sistemas de comunicación digitales y analógicos.. 5ª ed. Editorial Prentice Hall. 1998

Comer, Douglas. Redes de computadoras, internet e interredes. 2ª. ed. Editorial Prentice Hall. 1997

Gallo, Michael A. y Hancock, William M. Comunicación entre computadoras y tecnología de redes. Thomson Learning, 2002

García Tomas, Jesús. Redes para procesamiento distribuido. 2ª. ed. Editorial RA-MA. 2001

IEEE Communications Magazine. Power Line Local Area Networking. April 2003, Vol. 41 No. 4

Neri Vera, Rodolfo. Líneas de transmisión. 1ª. ed. Editorial McGrawHill. 1999

Palmer, Michael J. Redes de computadoras. Una guía práctica. Editorial Thomson-Learning. 1ª. ed. 2001.

Raya, Crisitina y Raya, José Luis. Redes locales. RA-MA Editorial, Alfaomega Grupo Editor 2002

Sheldon, Tom. Enciclopedia de redes. 4ª. ed. McGrawHill 1999

Stallings, William. Comunicaciones y redes de computadores. 6ª ed. Editorial Prentice Hall. 2000

Stallings, William. Comunicaciones y redes de computadores. 5ª ed. Editorial Prentice Hall. 1998

Tanenbaum, Andrew. Redes de ordenadores. 3ª. ed. Editorial Prentice Hall. 1997.

Tomasi, Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas. 2ª. ed. Editorial Prentice Hall. 1996.

Trujillo Tarazona, Pedro Javier. Tecnologías PLC (Power Line Carrier). Reporte parcial de tesis. Maestría en Informática. Universidad Industrial de Santander. Septiembre del 2003.

Trujillo Tarazona, Pedro Javier. Redes en el hogar. Reporte complementario al plan de tesis. Maestría en Informática. Universidad Industrial de Santander. Septiembre del 2002.

ANEXO A. Tabla de descripción funcional de pines de un integrado U-530

Mnemonic	Pin Number (LQFP 80)	Name and Description	Hardware Pin Type (ref. section 7.9, I/O Pins Description)	Alternate Function(s)
SPI	SPI Port. Refer to section 7.1.2, Serial Peripheral Interface (SPI), for details.			
	15	SPI.SEL Input for SPI mode selection	I/O	N/A
	19	SPI.MISO Input/Output: SPI master in slave out	I/O	N/A
	20	SPI.MOSI Input/Output: SPI master out slave in	I/O	N/A
	21	SPI.SCK Input/Output: SPI clock	I/O	N/A
	22	SPI.SS* Input/Output: SPI chip select	I/O	N/A
UART	Asynchronous Serial Interface Port. Refer to section 7.1.1, UART, for details.			
	79	UART.RxD Input: used to receive data on the UART interface.	I/O	N/A
	80	UART.TxD Output: used to transmit data on the UART interface.	I/O	N/A
	67	RS232/RS485* Input: used to select UART Type. For details, refer to section 7.1.1 (UART)	I/O	N/A
A0-A19	External Memory Address Bus, Output Only (Future Use)			
	8	A0	I/O	N/A
	9	A1	I/O	N/A
	10	A2	I/O	N/A
	11	A3	I/O	N/A
	13	A4	I/O	N/A
	14	A5	I/O	N/A
	24	A6	I/O	N/A
	25	A7	I/O	N/A

Fuente: Domosys Corporation

Mnemonic	Pin Number (LQFP 80)	Name and Description	Hardware Pin Type (ref. section 7.9, I/O Pins Description)	Alternate Function(s)
	27	A8	I/O	N/A
	28	A9	I/O	N/A
	29	A10	I/O	N/A
	30	A11	I/O	N/A
	31	A12	I/O	N/A
	32	A13	I/O	N/A
	33	A14	I/O	N/A
	34	A15	I/O	N/A
	47	A16	I/O	N/A
	48	A17	I/O	N/A
	49	A18	I/O	N/A
	50	A19	I/O	N/A
D0-D7	External Memory Data Bus, Input/Output (Future Use)			
	71	D0	I/O	N/A
	72	D1	I/O	N/A
	73	D2	I/O	N/A
	74	D3	I/O	N/A
	75	D4	I/O	N/A
	76	D5	I/O	N/A
	77	D6	I/O	N/A
MIC	MIC (Medium Interface Card) Selection. Refer to section 7.2, <i>Medium Interface</i>, for details.			
	55	MIC.SELO Input: used to select the medium type.	Comparator input	N/A
	56	MIC.SEL1 Input: used to select the medium type.	Comparator input	N/A

Fuente: Damosys Corporation

Continuación tabla de descripción funcional de pines de un integrado U-530

Mnemonic	Pin Number (LQFP 80)	Name and Description	Hardware Pin Type (ref. section 7.9, I/O Pins Description)	Alternate Function(s)
PHY	Physical Layer Port. Refer to section 7.2, <i>Medium Interface</i>, for details.			
	2	PHY.ZC* Interrupt Input: may be used in future versions to increase the physical layer's performance. Input from a zero-crossing detection circuit.	I/O	N/A
	3	PHY.CDETECT* Output: this pin generates a low pulse when a valid packet has been received on the medium. Can sink and source up to 24 mA.	High-current I/O	N/A
	18	PHY.ATXEN Output: this pin will be used in future versions to control the transmission amplifier.	I/O	N/A
	44	PHY.TXEN Input/Output: this pin is used to enable/disable the transmission amplifier. It outputs a logical 1 to enable the amplifier. This pin has an internal weak pull-down resistor. This pin is also used for firmware download. Refer to section 7.12, <i>Firmware Download with UART Interface</i> , for details.	Pull-down I/O	N/A
	57	PHY.TX Output: Physical Layer analog output signal to MIC.	Analog output	N/A
	58	PHY.RX Input: Physical Layer analog input signal from MIC.	Analog input	N/A
	60	PHY.VREF: Reference decoupling node	Reference decoupling node	N/A
AGND	59	Analog ground.	Analog ground	N/A
AV_{CC}	61	3.3-V analog power supply.	Analog power supply	N/A

Fuente: Domosys Corporation

Continuación tabla de descripción funcional de pines de un integrado U-530

Mnemonic	Pin Number (LQFP 80)	Name and Description	Hardware Pin Type (ref. section 7.9, I/O Pins Description)	Alternate Function(s)
PFAIL*	53	Input: power failure detection input. See section 7.3 (<i>Power Failure Detection</i>) for details.	Comparator input	N/A
RESET	41	Input: this pin has an internal Schmitt trigger and resets the application when it receives a logical 1. This pin has an internal weak pull-down resistor. Refer to section 7.5, <i>Reset Circuit</i> , for details.	Schmitt-triggered input with pull-down	N/A
Reserved	1, 4, 16, 17, 36, 37, 38, 51, 52, 68, 69	Must be left floating.	N/A	N/A
	35, 43, 54, 64	Must be connected to V _{SS} .	N/A	N/A
	65	Must be connected to V _{CC0} .	N/A	N/A
V_{CCINT}	23, 46	2.5-V power supply for internal digital core.	Digital power supply	N/A
V_{CC0}	7, 42, 66	3.3-V power supply for digital output drivers.	Digital power supply	N/A
V_{SS}	12, 26, 45, 62, 63, 70	Digital ground	Digital ground	N/A
XTAL1	39	Crystal 1: input to the inverting oscillator amplifier. This circuit provides support for fundamental mode, parallel resonant, AT-cut crystals with a frequency of 30 MHz.	Oscillator Input	N/A
XTAL2	40	Crystal 2: output of the inverting oscillator amplifier.	Oscillator Output	N/A
EN_EXT_MEM/WR*	5	If no external RAM is used, this pin must be connected to V _{SS} via a 10-k Ω resistor. Otherwise, it is reserved for future use as the external memory write-strobe output.	I/O	N/A

Fuente: Domosys Corporation

Continuación tabla de descripción funcional de pines de un integrado U-530

Mnemonic	Pin Number (LQFP 80)	Name and Description	Hardware Pin Type (ref. section 7.9, I/O Pins Description)	Alternate Function(s)
RD*	6	If no external RAM is used, this pin should be left floating. Otherwise, it is reserved for future use as the read-access memory signal output for the external memory device.	I/O	N/A

Fuente: Domosys Corporation

Continuación tabla de descripción funcional de pines de un integrado U-530

ANEXO B. Tabla de descripción funcional de pines de un integrado U-540

Mnemonic	Pin Number		Name and Description	Hardware Pin Type (ref. section 7.9, I/O Pins Description)	Alternate Function(s)
	48-pin	80-pin			
P0.0 – P0.7	Port 0: 8-bit, bidirectional I/O port, bit-addressable				
	N/A	47	P0.0: general I/O pin	I/O	N/A
	N/A	48	P0.1: general I/O pin	I/O	N/A
	N/A	49	P0.2: general I/O pin	I/O	N/A
	N/A	50	P0.3: general I/O pin	I/O	N/A
	N/A	51	P0.4: general I/O pin	I/O	N/A
	N/A	52	P0.5: general I/O pin	I/O	N/A
	N/A	67	P0.6: general I/O pin	I/O	N/A
N/A	68	P0.7: general I/O pin	I/O	N/A	
P1.1 – P1.3	Port 1: 3-bit, bidirectional I/O port, bit-addressable				
	8	16	P1.1: general I/O pin.	I/O	ADC.SS*
	9	17	P1.2: general I/O pin	I/O	PWM0
	10	18	P1.3: general I/O pin	I/O	PWM1
P2.3 – P2.7	Port 2: 5-bit, bidirectional I/O port, bit-addressable				
	20	30	P2.3: general I/O pin	I/O	N/A
	21	31	P2.4: general I/O pin	I/O	N/A
	22	32	P2.5: general I/O pin	I/O	N/A
	N/A	33	P2.6: general I/O pin	I/O	N/A
N/A	34	P2.7: general I/O pin	I/O	N/A	
P3.2 – P3.5	Port 3: 3-bit, bidirectional I/O port, bit-addressable				
	1	1	P3.2: general I/O pin	I/O	PCNT*
	3	3	P3.4: general I/O pin Can sink and source up to 24 mA.	High-current I/O	TRIAC.CTRL
	4	4	P3.5: general I/O pin Can sink and source up to 24 mA.	High-current I/O	Used as a test output when timing measurements are activated in the V-Logic Timing (FDh) property

Fuente: Domosys Corporation

Mnemonic	Pin Number		Name and Description	Hardware Pin Type (ref. section 7.9, I/O Pins Description)	Alternate Function(s)
	48-pin	80-pin			
P4.0 – P4.7	Port 4: 8-bit, bidirectional I/O port, not bit-addressable. Carefully read section 14.4, <i>Boolean V² Mappings to P4 and P5</i> , before using P4 or P5.				
	N/A	8	P4.0: general I/O pin	I/O	N/A
	N/A	9	P4.1: general I/O pin	I/O	N/A
	N/A	10	P4.2: general I/O pin	I/O	N/A
	N/A	11	P4.3: general I/O pin	I/O	N/A
	N/A	13	P4.4: general I/O pin	I/O	N/A
	N/A	14	P4.5: general I/O pin	I/O	N/A
	N/A	24	P4.6: general I/O pin	I/O	N/A
N/A	25	P4.7: general I/O pin	I/O	N/A	
P5.0 – P5.7	Port 5: 8-bit, bidirectional I/O port, not bit-addressable. Carefully read section 14.4, <i>Boolean V² Mappings to P4 and P5</i> , before using P4 or P5.				
	41	71	P5.0: general I/O pin	I/O	N/A
	42	72	P5.1: general I/O pin	I/O	N/A
	43	73	P5.2: general I/O pin	I/O	N/A
	44	74	P5.3: general I/O pin	I/O	N/A
	45	75	P5.4: general I/O pin	I/O	N/A
	46	76	P5.5: general I/O pin	I/O	N/A
	N/A	77	P5.6: general I/O pin	I/O	N/A
N/A	78	P5.7: general I/O pin	I/O	N/A	
MIC	MIC (Medium Interface Card) Selection. Refer to section 7.2, <i>Medium Interface</i> , for details.				
	17	27	MIC.SELO Input: used to select the type of medium.	I/O	N/A
	18	28	MIC.SEL1 Input: used to select the type of medium.	I/O	N/A

Fuente: Domosys Corporation

Continuación tabla de descripción funcional de pines de un integrado U-540

Mnemonic	Pin Number		Name and Description	Hardware Pin Type (ref. section 7.9, I/O Pins Description)	Alternate Function(s)
	48-pin	80-pin			
PHY	Physical Layer Port. Refer to section 7.2, <i>Medium Interface</i> , for details.				
	2	2	PHY.ZC* Interrupt Input: May be used in future versions to increase the physical layer's performance. Input from a zero-crossing detection circuit.	I/O	TRIAC.ZC* (can be used simultaneously)
	19	29	PHY.ATXEN: Output: this pin will be used in future versions to control the transmission amplifier.	I/O	N/A
	27	44	PHY.TXEN Input/Output: this pin is used to enable/disable the transmission amplifier. It outputs a logical 1 to enable the amplifier. This pin has an internal weak pull-down resistor. This pin is also used for firmware download. Refer to section 7.12, <i>Firmware Download with UART Interface</i> , for details.	Pull-down I/O	N/A
	33	57	PHY.TX: Physical Layer analog output signal to MIC.	Analog output	N/A
	34	58	PHY.RX: Physical Layer analog input signal from MIC.	Analog input	N/A
	36	60	PHY.VREF: Reference decoupling node	Reference decoupling node	N/A

Fuente: Damosys Corporation

Continuación tabla de descripción funcional de pines de un integrado U-540

Mnemonic	Pin Number		Name and Description	Hardware Pin Type (ref. section 7.9, I/O Pins Description)	Alternate Function(s)
	48-pin	80-pin			
SPI	SPI Port. Refer to section 7.1.2 (Serial Peripheral Interface (SPI)) for details.				
	7	15	SPI.SEL: Input/output: used for SPI mode selection. If the ADC driver is used, the SPI.SEL pin is used as a slave select for an additional slave SPI host.	I/O	N/A
	11	19	SPI.MISO: SPI master in slave out	I/O	N/A
	12	20	SPI.MOSI: SPI master out slave in	I/O	N/A
	13	21	SPI.SCK: SPI clock	I/O	N/A
	14	22	SPI.SS*: SPI chip select	I/O	N/A
	8	16	ADC.SS*: slave select pin for the ADC driver. Refer to section C.2.1, <i>Analog-to-Digital Converter (ADC)</i> .	I/O	P1.1
UART	Asynchronous Serial Interface Port. Refer to section 7.1.1, <i>UART</i> , for details.				
	47	79	UART.RxD Input	I/O	N/A
	48	80	UART.TxD Output	I/O	N/A
TRIAC	TRIAC Driver Port. Refer to section C.3.1, <i>TRIAC Driver</i> , for details.				
	2	2	TRIAC.ZC* interrupt input: TRIAC driver zero-crossing input.	I/O	PHY.ZC* (can be used simultaneously)
	3	3	TRIAC.CTRL Output to the TRIAC Gate. Can sink and source up to 24 mA. For details, see section C.3.1, <i>TRIAC Driver</i> .	High-current I/O	P3.4
PWM0	9	17	Pulse width modulator output.	I/O	P1.2
PWM1	10	18	Pulse width modulator output.	I/O	P1.3

Fuente: Domosys Corporation

Continuación tabla de descripción funcional de pines de un integrado U-540

Mnemonic	Pin Number		Name and Description	Hardware Pin Type (ref. section 7.9, I/O Pins Description)	Alternate Function(s)
	48-pin	80-pin			
PCNT*	1	1	Pulse Counter interrupt input. Used by the Pulse Counter driver. For details, see section C.1.2 (<i>Pulse Counter</i>).	I/O	P3.2
AGND	35	59	Analog ground.	Analog ground	N/A
AV _{CC}	37	61	3.3-V analog power supply	Analog power supply	N/A
PFAIL*	29	53	Input: power failure detection input. See section 7.3 (<i>Power Failure Detection</i>) for details.	Comparator input	N/A
RESET	25	41	Input: this pin has an internal Schmitt trigger and resets the application when it receives a logical 1. This pin has an internal weak pull-down resistor. Refer to section 7.5, <i>Reset Circuit</i> , for details.	Schmitt-triggered input with pull-down	N/A
Reserved	30, 31, 32	5, 6, 36, 37, 38, 54, 55, 56, 69	Must be left floating	N/A	N/A
	26	35, 43, 64	Must be connected to V _{SS} .	N/A	N/A
	N/A	65	Must be connected to V _{CC0} .	N/A	N/A
V _{CCINT}	15, 28	23, 46	2.5-V power supply for internal digital core.	Digital power supply	N/A
V _{CC0}	5, 39	7, 42, 66	3.3-V power supply for digital output drivers.	Digital power supply	N/A
V _{SS}	6, 16, 38, 40	12, 26, 45, 62, 63, 70	Digital ground.	Digital ground	N/A

Fuente: Domosys Corporation

Continuación tabla de descripción funcional de pines de un integrado U-540

Mnemonic	Pin Number		Name and Description	Hardware Pin Type (ref. section 7.9, I/O Pins Description)	Alternate Function(s)
	48-pin	80-pin			
XTAL1	23	39	Crystal 1: input to the inverting oscillator amplifier. this circuit provides support for fundamental mode, parallel resonant, AT cut crystals with a frequency of 30 MHz.	Oscillator input	N/A
XTAL2	24	40	Crystal 2: output of the inverting oscillator amplifier	Oscillator output	N/A

Fuente: Domosys Corporation

Continuación tabla de descripción funcional de pines de un integrado U-540

ANEXO C. Tabla de propiedades

Property Name	ID	Number of Elements		Element Length (Bytes)		Variable Type	Default Value	Support	Prog. Type
		Max	Default	Max	Default				
Property List	00h	Fixed to 49		Fixed to 7		2-D Array	N/A	3	PowerBus Internal
		Fixed to 58		Fixed to 7		2-D Array	N/A	4	PowerBus Internal
Manufacturer Serial Number	01h	Fixed to 1		18	18	Data	All bytes = FFh	3, 4	Manufacturer
PB Node Address	02h	Fixed to 1		Fixed to 1		Unsigned Char	FFh	3, 4	Field/ PowerBus Internal
SN Address	03h	Fixed to 1		Fixed to 1		Unsigned Char	3Fh	3, 4	Field/ PowerBus Internal
LN Address	04h	Fixed to 1		Fixed to 2		Data	3FFh	3, 4	Field/ PowerBus Internal
M/S Routing Setup	05h	Fixed to 5		Fixed to 1		2-D Array	N/A	3	Field
LN Manager/Master Setup	06h	Fixed to 1		19	19	Data	N/A	3	Field
Device Role	07h	Fixed to 1		Fixed to 1		Unsigned Char	00h	3, 4	Field
Attach Node/Slave	09h	Fixed to 1		18	18	Data	00h	3	Field
Device Type	10h	Fixed to 1		10	0	Data	NULL	3, 4	Manufacturer
Device Model	11h	Fixed to 1		10	0	Data	NULL	3, 4	Manufacturer
URL	12h	Fixed to 1		128	0	Data	NULL	3, 4	Manufacturer
Manufacturer Name	13h	Fixed to 1		20	0	Data	NULL	3, 4	Manufacturer
Replace Device	14h	Fixed to 1		20	20	Data	N/A	3	Field
Remove Device	15h	Fixed to 1		2	2	Data	N/A	3	Field
Remove Orphan	16h	Fixed to 1		14	14	Data	N/A	3	Field
Device List	20h	Fixed to 1		Fixed to 128		Data	First byte = C0h All other bytes = 00h	3	PowerBus Internal
Friendly Name	40h	Fixed to 1		20	0	Data	NULL	3, 4	Manufacturer/Field
Location	41h	Fixed to 1		10	0	Data	NULL	3, 4	Field

Fuente: Domosys Corporation

Property Name	ID	Number of Elements		Element Length (Bytes)		Variable Type	Default Value	Support	Prog. Type
		Max	Default	Max	Default				
V² Number	60h	Fixed to 1		Fixed to 2		Data	All Bytes = 00h	4	PowerBus Internal
V² Characteristics	61h	48	0	Fixed to 2		2-D Array	NULL	4	Manufacturer/Field
V² Name	62h	48	0	Fixed to 10		2-D Array	NULL	4	Manufacturer/Field
V² Reporting	63h	48	0	Fixed to 5		2-D Array	NULL	4	Manufacturer/Field
V² Hardware Mapping	64h	48	0	Fixed to 1		2-D Array	NULL	4	Manufacturer
V² Default Value/ Value Range	65h	48	0	Fixed to 13		2-D Array	NULL	4	Manufacturer/Field
V² Units of Measure	66h	48	0	Fixed to 2		2-D Array	NULL	4	Manufacturer/Field
V² List	6Ah	48	0	Fixed to 32		2-D Array	N/A	4	PowerBus Internal
V² Values	68h	N/A		Fixed to 1		2-D Array	NULL	4	PowerBus Internal
Hardware Override	6Dh	Fixed to 16		1		2-D Array	All bytes = 00h	4	Manufacturer
Power Failure V² Backup	6Eh	Fixed to 1		Fixed to 1		Boolean	FALSE	4	Manufacturer
Power Failure Hardware State	6Fh	9	9	Fixed to 1		2-D Array	All bytes = FFh	4	Manufacturer
Look-Up Table	7Ah	Fixed to 128		Fixed to 16		2-D Array	All bytes = FFh	3, 4	PowerBus Internal
Leaf Table	7Bh	Fixed to 128		Fixed to 1		2-D Array	N/A	3	PowerBus Internal
Field V-Logic	80h	255	0	Fixed to 2		2-D Array	NULL	4	Field
Manufacturer V-Logic	8Fh	255	0	Fixed to 2		2-D Array	NULL	4	Manufacturer
TRIAC Table	94h	255	255	Fixed to 2		2-D Array	All bytes = FFh	4	Manufacturer
Manufacturer Key	A0h	Fixed to 1		10	10	Data	All bytes = FFh	3, 4	Manufacturer
Public Key	A1h	Fixed to 1		10	10	Data	All bytes = FFh	3, 4	PowerBus Internal
Installer Key	A3h	Fixed to 1		10	10	Data	All bytes = FFh	3, 4	Field
Remote Key	A4h	Fixed to 1		10	10	Data	All Bytes = 00h	3, 4	Field
Encryption Enabled	AEh	Fixed to 1		Fixed to 1		Boolean	FALSE	3, 4	PowerBus Internal
Key Select	AFh	Fixed to 1		Fixed to 1		Unsigned Char	00h	3	Field

Fuente: Domosys Corporation

Continuación tabla de Propiedades

Property Name	ID	Number of Elements		Element Length (Bytes)		Variable Type	Default Value	Support	Prog. Type
		Max	Default	Max	Default				
Firmware Version	B0h	Fixed to 1		Fixed to 3		Data	N/A	3, 4	Domosys
Visible ID	B2h	Fixed to 1		6	6	Data	N/A	3, 4	Domosys
PIN	B3h	Fixed to 1		10	10	Data	N/A	3, 4	Domosys
M/S Current Thread	EDh	Fixed to 1		Fixed to 1		Unsigned Char	01h	3	PowerBus Internal
M/S Routing Settings	EEh	Fixed to 1		Fixed to 1		Unsigned Char	01h	3	Field
Manufacturer Registers	EFh	Fixed to 7		Fixed to 1		2-D Array	Refer to the Manufacturer Registers (EFh) section.	3, 4	Manufacturer
Installer Registers	F0h	Fixed to 9		Fixed to 1		2-D Array	Refer to the Installer Registers (F0h) section.	3, 4	Manufacturer/Field
Hidden ID	F6h	Fixed to 1		6	6	Data	N/A	3, 4	Domosys
Package ID	F7h	Fixed to 1		Fixed to 1		Unsigned Char	N/A	3, 4	Domosys
Lot ID	F8h	Fixed to 1		16	16	Data	N/A	3, 4	Domosys
Firmware ID	F9h	Fixed to 1		Fixed to 1		Unsigned Char	N/A	3, 4	Domosys
V-Logic Timing	FDh	Fixed to 1		Fixed to 1		Unsigned Char	00h	4	Manufacturer/Field
Clear Configuration	FEh	Fixed to 1		Fixed to 1		Boolean	N/A	3, 4	Manufacturer/Field
Lock	FFh	Fixed to 1		Fixed to 1		Unsigned Char	FFh	3, 4	Manufacturer

Fuente: Domosys Corporation

Continuación tabla de Propiedades

ANEXO D Tablas de tipos de valores para propiedades y variables virtuales

Value Type (Name)	Value Type (hexadecimal)	Length (Bytes)	Range	Numeric Range
Boolean	00h	1	00h...01h	FALSE TRUE
Unsigned Char	01h	1	00h...FFh	0 ... 255
Data	10h	Property dependent. The length is on 2 bytes (unsigned integer).	Any hexadecimal string	N/A
2-D Array	11h	Property dependent. The length is on 2 bytes (unsigned integer).	Any hexadecimal string.	N/A

Fuente: Domsys Corporation

Tabla de tipos de valores para propiedades

Value Type Name	Value Type (hexadecimal)	Length (Bytes)	Hexadecimal Range	Numeric Range
Boolean	00h	1	00h...01h	FALSE TRUE
Unsigned Char	01h	1	00h...FFh	0 ... 255
Signed Integer	02h	2	0000h...FFFFh (where MSB is the sign bit).	-32 768 ... +32 767
Signed Long	03h	4	00000000h...FFFFFFFFh (where MSB is the sign bit)	-2 147 483 648 ... +2 147 483 647
Float	04h	4	00000000h...FFFFFFFFh (following IEEE Big Endian format)	-3.402823E+38 ... 3.402823E+38

Fuente: Domsys Corporation

Tabla de tipos de valores para variables virtuales

ANEXO E Tabla de unidades de medida

Measurement Type	V ² Units of Measure Property Value		Unit of Measure	Symbol
	MSB	LSB		
No Specified Unit				
No Unit	00h	00h	N/A	N/A
Length				
Length	10h	08h	kilometer	km
		08h	meter	m
		0Dh	centimeter	cm
		0Eh	millimeter	mm
		0Fh	micrometer	µm
		10h	nanometer	nm
		16h	mile	mi.
		19h	yard	yd.
		1Ah	foot	ft.
		18h	inch	in.
		1Dh	mil (thousandth of an inch)	-
		21h	angstrom	Å
		22h	nautical mile	nmi.
		30h	picas (computer)	pi
		31h	picas (printer)	pi
32h	point (computer)	pt		
33h	point (printer)	pt		
Area				
Area	12h	08h	square kilometer	km ²
		09h	hectare (square hectometer)	ha (hm ²)
		0Bh	square meter	m ²
		0Eh	square millimeter	mm ²
		0Fh	square micrometer	µm ²
		10h	square nanometer	nm ²
		16h	square mile	sq. mi.

Fuente: Domosys Corporation

Measurement Type	V ² Units of Measure Property Value		Unit of Measure	Symbol
	MSB	LSB		
		17h	acre	N/A
		19h	square yard	sq. yd.
		1Ah	square foot	sq. ft.
		1Bh	square inch	sq. in.
Volume				
Volume (capacity)	14h	08h	cubic kilometer	km ³
		0Bh	cubic meter	m ³
		0Dh	cubic centimeter	cm ³
		0Eh	cubic millimeter	mm ³
		16h	cubic mile	cu. mi.
		19h	cubic yard	cu. yd.
		1Ah	cubic foot	cu. ft.
		1Bh	cubic inch	cu. in.
		29h	hectoliter	hl
		2Ah	decaliter	dal
		2Bh	liter	l
		2Ch	deciliter	dl
		2Dh	centiliter	cl
		2Eh	milliliter	ml
		42h	barrel of oil	bo
		49h	gallon (US)	gal.
		4Ah	quart (US)	qt.
		4Bh	pint (US)	pt.
		4Dh	fluid ounce (US)	fl. oz.
		59h	imperial gallon (UK)	gal.
5Ah	quart (UK)	qt.		
5Bh	pint (UK)	pt.		
5Dh	fluid ounce (UK)	fl. oz.		
69h	dry gallon	gal.		
6Ah	dry quart	qt.		
6Bh	dry pint	pt.		

Fuente: Domosys Corporation

Continuación tabla de unidades de medida

Measurement Type	V ² Units of Measure Property Value		Unit of Measure	Symbol
	MSB	LSB		
Mass				
Mass	18h	07h	megagram (tonne)	Mg (t)
		08h	kilogram	kg
		08h	gram	g
		0Dh	centigram	cg
		0Eh	milligram	mg
		0Fh	microgram	µg
		21h	long ton (UK)	tn.
		22h	short ton (US)	tn.
		23h	pound	lb.
		24h	ounce	oz.
Time				
Time	2Fh	08h	second	s
		0Dh	centisecond	cs
		0Eh	millisecond	ms
		0Fh	microsecond	µs
		10h	nanosecond	ns
		11h	picosecond	ps
		12h	femtosecond	fs
		1B	year	yr.
		1A	month	mo.
		19	day	d.
		18	hour	h.
		17	minute	min.
Frequency				
Frequency	34	04h	petahertz	PHz
		05h	terahertz	THz
		06h	gigahertz	GHz
		07h	megahertz	MHz
		08h	kilohertz	kHz
		08h	hertz	Hz

Fuente: Domosys Corporation

Continuación tabla de unidades de medida

Measurement Type	V ² Units of Measure Property Value		Unit of Measure	Symbol
	MSB	LSB		
	Energy & Power			
Energy	58	06h	gigajoule	GJ
		07h	megajoule	MJ
		08h	kilojoule	kJ
		08h	joule	J
		21h	kilocalorie	kcal
		22h	calorie	cal
		45h	terawatt hour	TWh
		46h	gigawatt hour	GWh
		47h	megawatt hour	MWh
		48h	kilowatt hour	kWh
		48h	watt hour	Wh
		4Eh	milliwatt hour	mWh
Power	5A	06h	gigawatt	GW
		07h	megawatt	MW
		08h	kilowatt	kW
		08h	watt	W
		0Eh	milliwatt	mW
		0Fh	microwatt	μW
		31h	metric horsepower	hp
		32h	horsepower	hp
		33h	electric horsepower	hp
Pressure & Stress				
Pressure & stress	5D	07h	megapascal	Mpa
		08h	kilopascal	kPa
		09h	hectopascal	hPa
		08h	pascal	Pa
		27h	megabar	Mbar
		28h	kilobar	kb
		28h	bar	b
		2Eh	millibar	mb
		48h	kilonewton per square meter	kN/m ²

Fuente: Domosys Corporation

Continuación tabla de unidades de medida

Measurement Type	V ² Units of Measure Property Value		Unit of Measure	Symbol
	MSB	LSB		
		4Bh	newton per square meter	N/m ²
		60h	atmosphere	atm
		61h	pound per square inch	psi
Electric Parameters				
Electric Resistance	68	07h	megaohm	MΩ
		08h	kiloohm	kΩ
		08h	ohm	Ω
		0Eh	milliohm	mΩ
Electric Capacity	69	08h	farad	F
		0Eh	millifarad	mF
		0Fh	microfarad	μF
		10h	nanofarad	nF
		11h	picofarad	pF
Electric Current	6A	08h	ampere	A
		0Eh	milliampere	mA
		0Fh	microampere	μA
Electric Potential	6B	06h	gigavolt	GV
		07h	megavolt	MV
		08h	kilovolt	kV
		08h	volt	V
		0Eh	millivolt	mV
		0Fh	microvolt	μV
Luminous Intensity				
Luminous Intensity	74	08h	candela	cd
Temperature				
Temperature	78	08h	kelvin	K
		28h	celsius	°C
		2Dh	centicelsius	c°C
		48h	fahrenheit	oF
Miscellaneous				
User-Defined	80-BF	00h... FFh	N/A	N/A
Reserved	C0-FF	00h... FFh	N/A	N/A

Fuente: Domosys Corporation

Continuación tabla de unidades de medida

ANEXO F "Tokens" de "V-Logic"

Token Name	Value
General Tokens	
<TRUE Token>	01h
<FALSE Token>	00h
<Local V ² Token>	10h
<Remote V ² Token>	11h
<Const Token>	15h
<Property Token>	17h
<Clear Settings Token>	25h
<Value Changed Token>	80h
<50 ms Token>	C7h
<Device Configured Token>	C8h
<END Token>	FFh
IF Statement	
<IF Token>	7Fh
<ELSEIF Token>	FAh
<ELSE Token>	FBh
Logical Expressions	
<NOT Token>	F9h
<AND Token>	F0h
<OR Token>	F1h
<XOR Token>	F2h
Relational Expressions	
<GTE Token>	F3h
<GT Token>	F4h
<LTE Token>	F5h
<LT Token>	F6h
<EQ Token>	F7h
<NEQ Token>	F8h
Timers	
<Timer Token>	16h
<Timer Running Token>	C5h
<Timer Expired Token>	C6h
<Stop Timer Token>	C0h
<Start Timer Token>	C1h
V² Actions	
<Assign Token>	20h
<Add Token>	21h
<Subtract Token>	22h
<Multiply Token>	23h
<Divide Token>	24h
<Force Report Token>	26h
<Toggle Token>	28h
Value Types	
<Boolean Token>	00h
<Unsigned Char Token>	01h
<Signed Integer Token>	02h
<Signed Long Token>	03h
<Float Token>	04h
<Data Token>	05h
<String Token>	06h

Fuente: Domosys Corporation

ANEXO G Características del medidor electrónico



Fuente: Tecnologías Unidas S.A.

El contador electrónico usado en las pruebas

Medidor Híbrido Monofásico Bifilar

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Procesador ADI 7755

Tecnología Shunt

Norma IEC 61036

Clase 1,2

Tensión 120V

Corriente Básica(Max) 15(60)A

Frecuencia 60HZ

Constante 3200 imp/kw

Arranque 0.4% Ib

Peso 0.5.Kg

Base Plástico

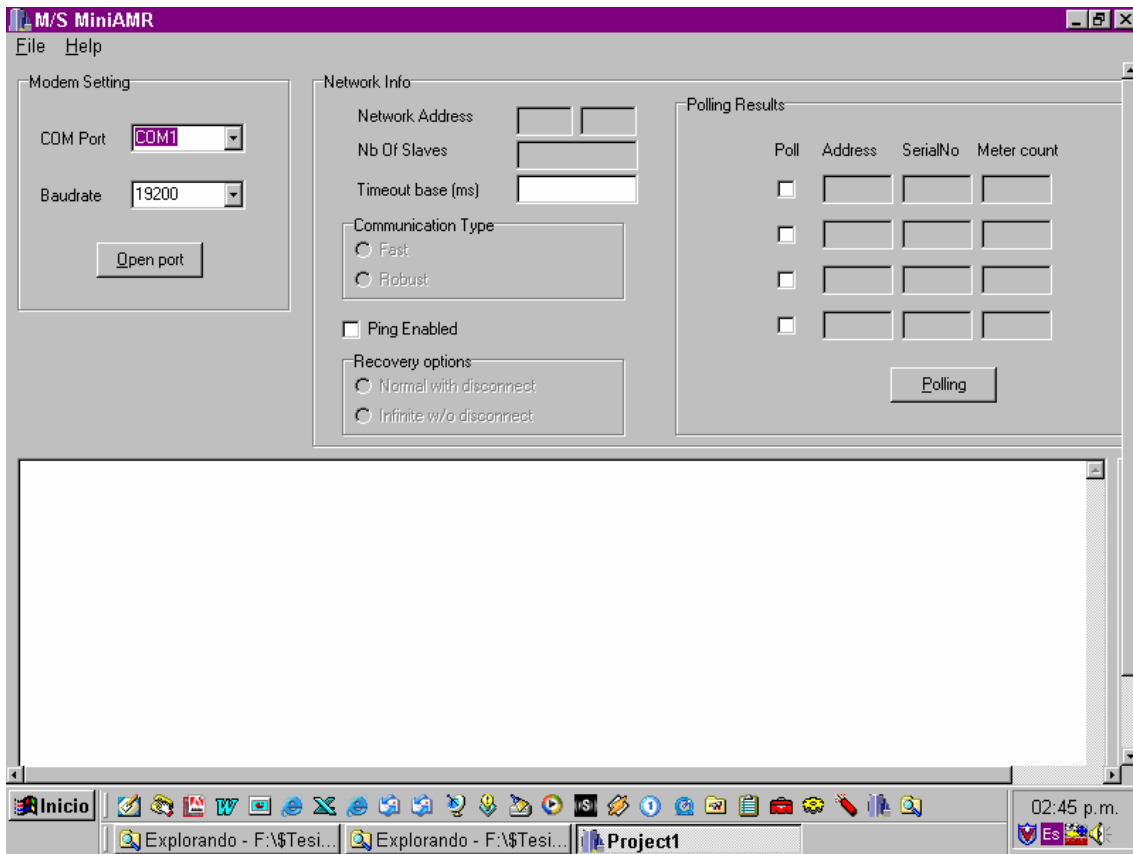
Bloque Terminal Bakelita

Tapa Principal Plástico

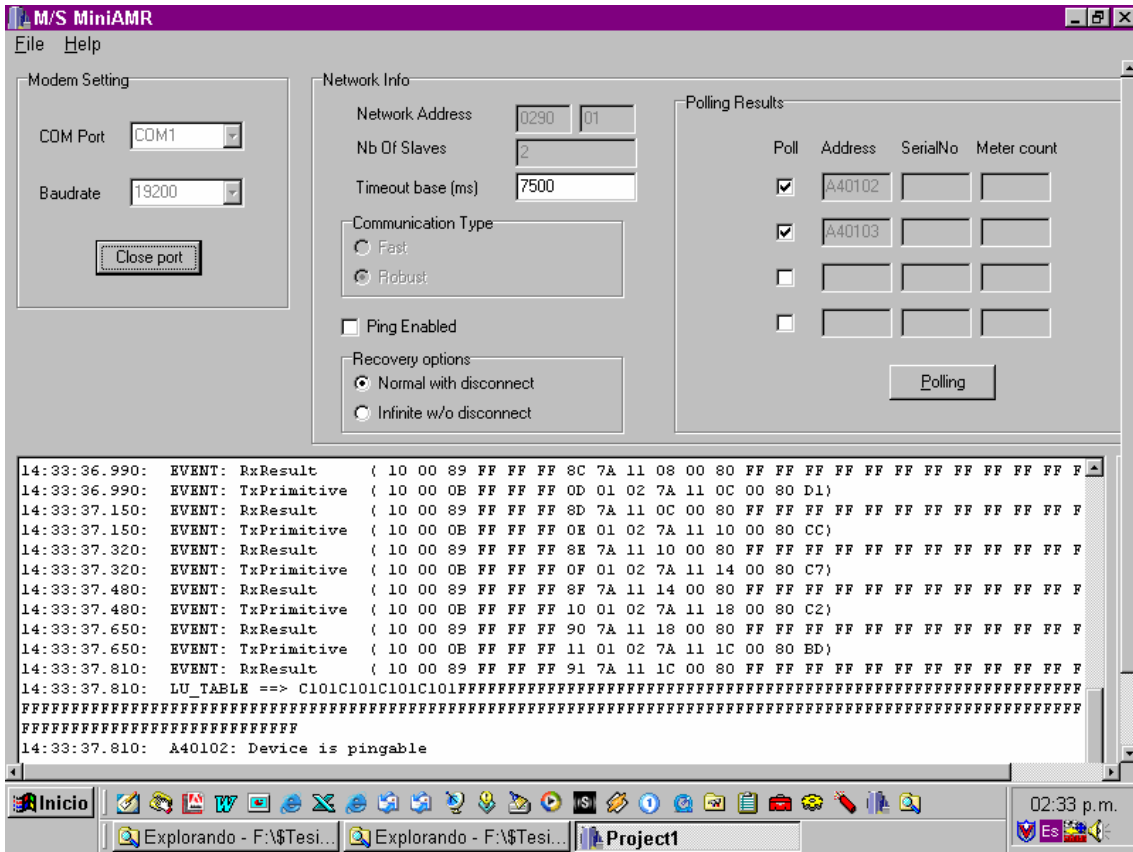
Tapa Terminal Plástico

Placa de Características Plástico

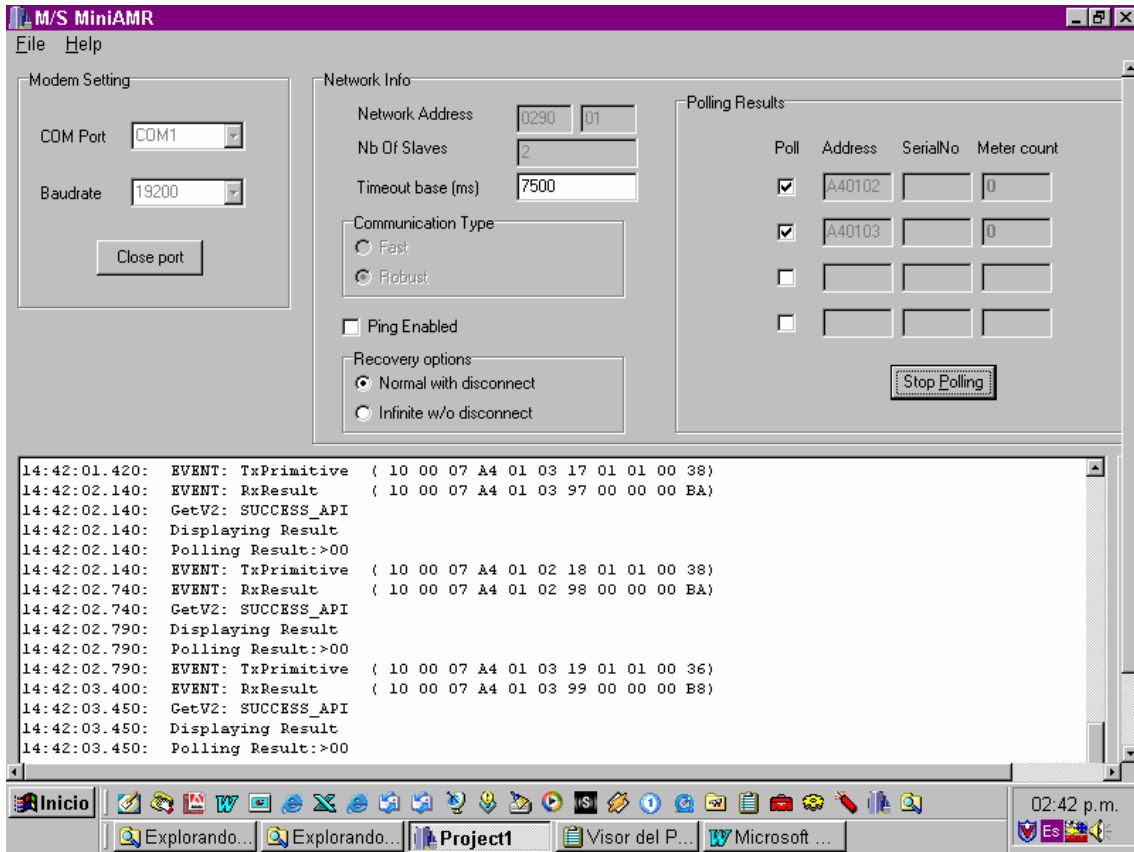
ANEXO H La interfaz del programa para lectura de medidores a través de los nodos esclavos



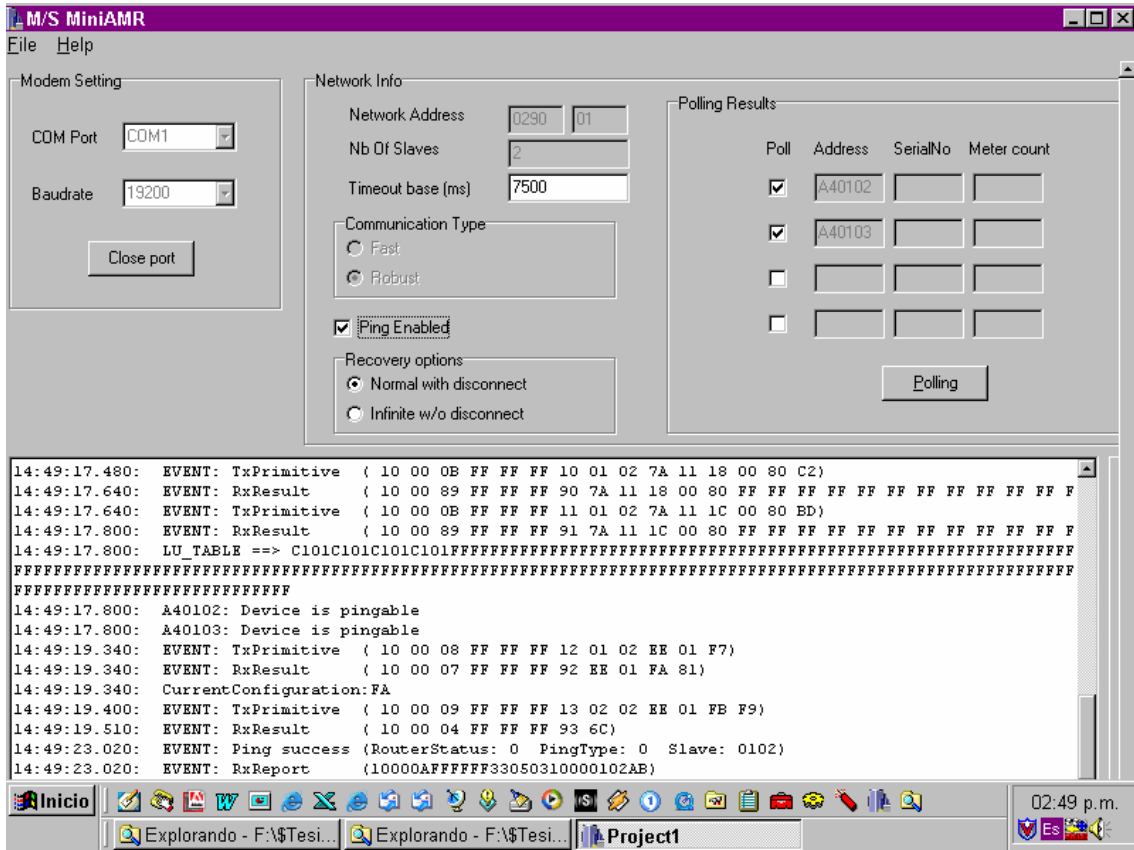
Antes de abrir puerto de comunicaciones



Inicio del nodo maestro

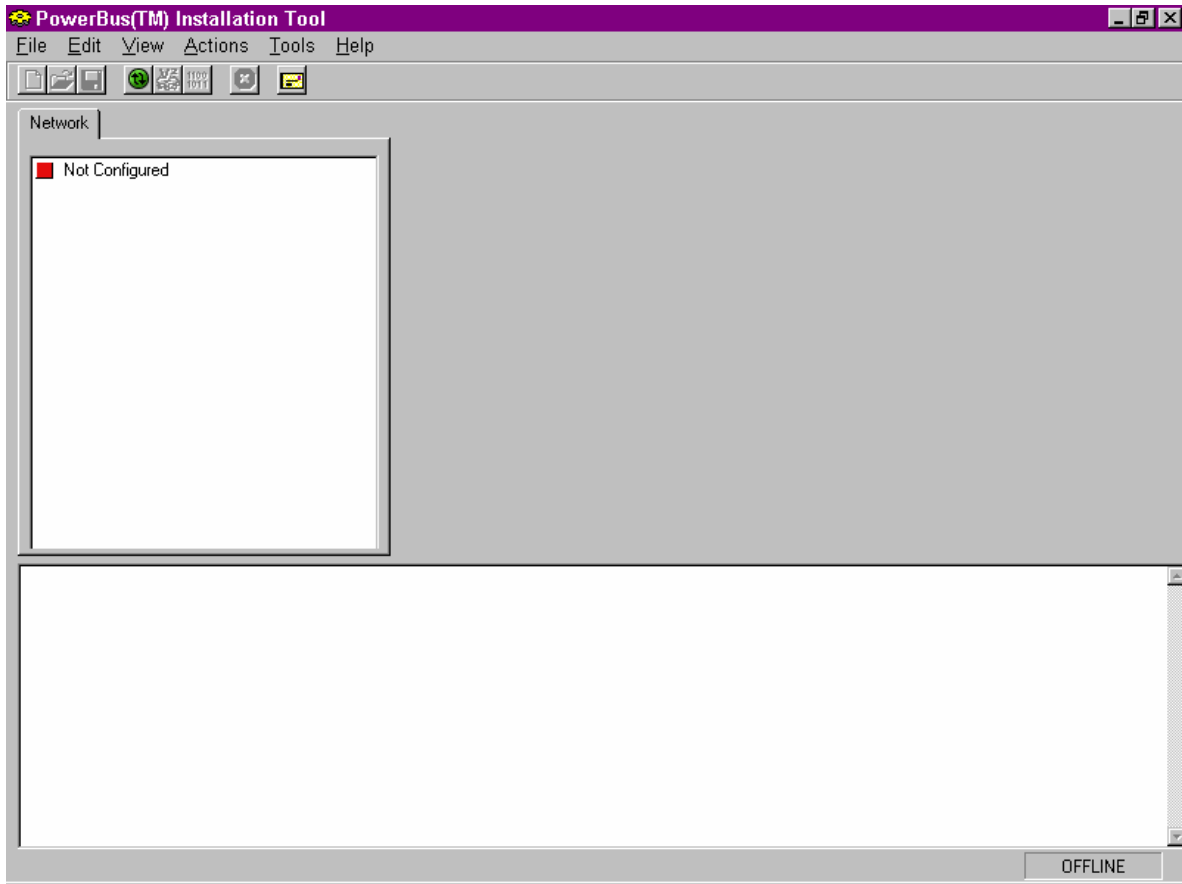


Sondeo de nodos esclavos

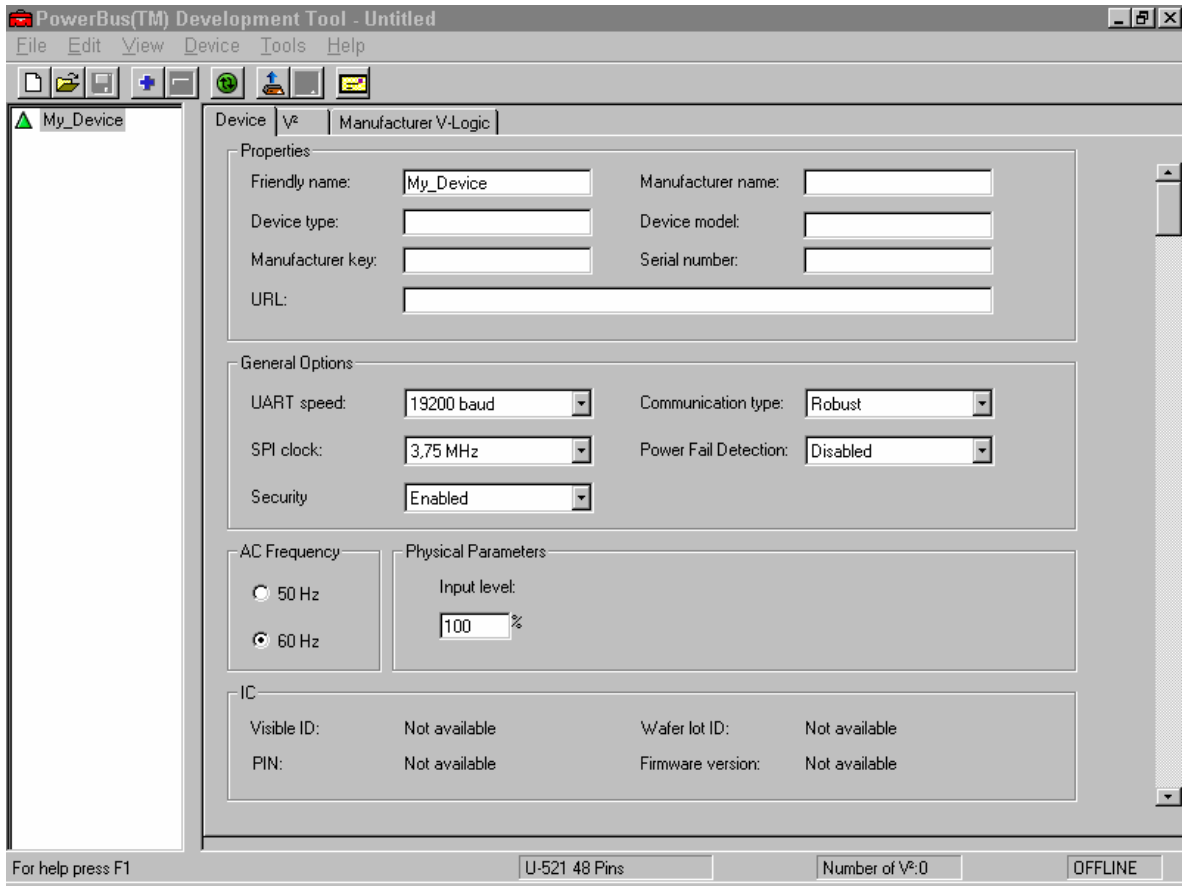


Realizando "ping" a los nodos esclavos

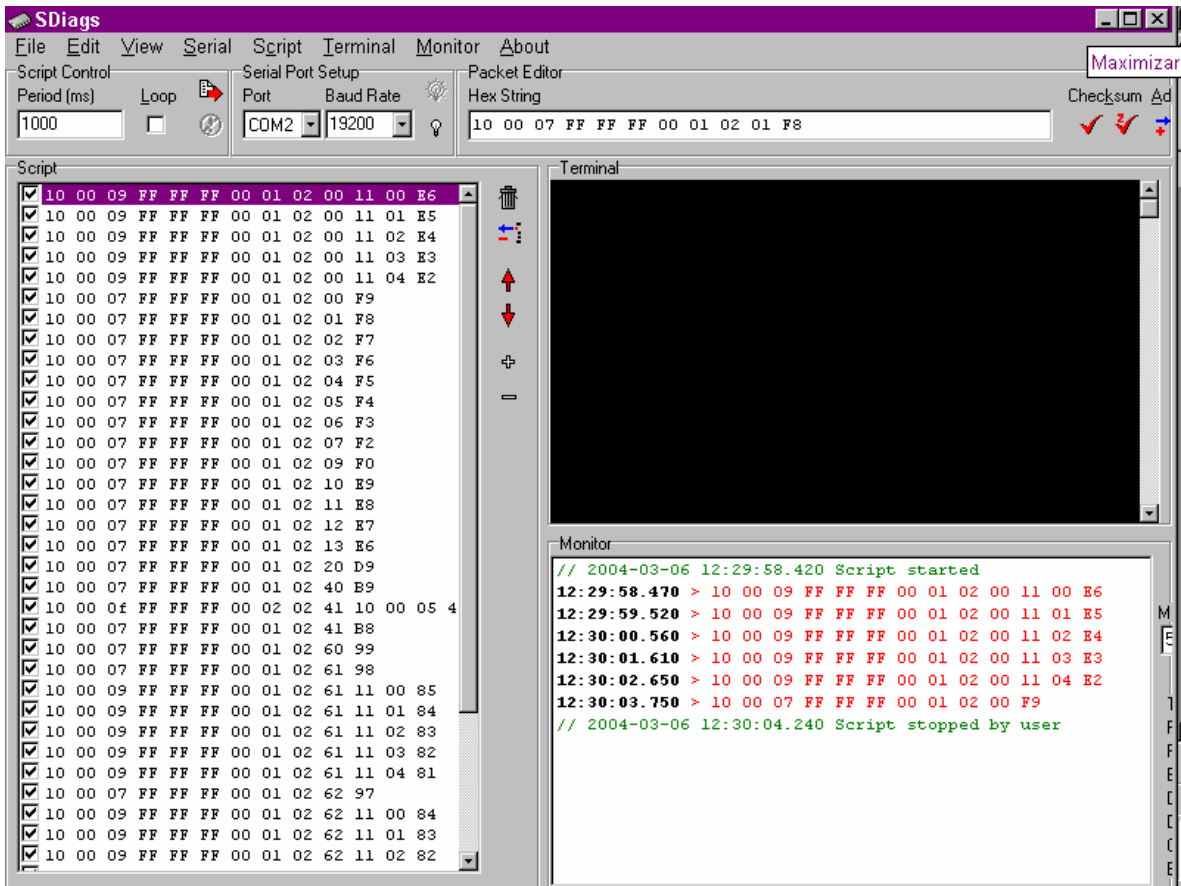
ANEXO I Interfaces de herramientas “software” “PowerBus”



La interfaz de “PowerBus Installation Tool”



La interfaz de "PowerBus Development Tool"



La interfaz de "Sdiags"

ANEXO J Ejemplo de listado de resultados de una prueba de confiabilidad de
 “PowerBus” mediante “Burn In Tool”

```

2003.12.03 20:25:35    ***    New session started (log path: E:\ARCHIVOS DE
PROGRAMA\DOMOSYS      CORPORATION\POWERBUS      BURN-IN
TOOL\Log\BURN-IN_02-19-2004_20_25_34.log).
2003.12.03 20:25:55    ***    User has cleared device list.
2003.12.03 20:25:59    ***    User has started script execution.
2003.12.03 20:25:59    Line:1,    GETPROPERTY(18,16,0,0)
2003.12.03 20:25:59    Line:2,    GETPROPERTY(148,17,0,240)
2003.12.03 20:25:59    Line:3,    GETPROPERTY(1,16,0,0)
2003.12.03 20:25:59    Line:4,    GETPROPERTY(248,16,0,0)
2003.12.03 20:25:59    Line:5,    GETPROPERTY(110,0,0,0)
2003.12.03 20:25:59    Line:6,    GETPROPERTY(174,0,0,0)
2003.12.03 20:25:59    Line:7,    SETV2(0,3,03E8)
2003.12.03 20:25:59    Line:8,    GETV2(0)
2003.12.03 20:25:59    Line:9,    SETV2(1,0,00)
2003.12.03 20:25:59    Line:10,   GETV2(1)
2003.12.03 20:25:59    Line:11,   SETV2(1,0,01)
2003.12.03 20:25:59    Line:12,   GETV2(1)
2003.12.03 20:25:59    Line:13,   SETV2(2,1,80)
2003.12.03 20:25:59    Line:14,   GETV2(2)
2003.12.03 20:25:59    Line:15,   SETV2(2,1,00)
2003.12.03 20:25:59    Line:16,   SETV2(3,2,03E8)
2003.12.03 20:25:59    Line:17,   GETV2(3)
2003.12.03 20:25:59    Line:18,   SETV2(4,3,000003E8)
2003.12.03 20:25:59    Line:19,   GETV2(4)
2003.12.03 20:25:59    Line:20,   SETV2(5,4,000003E8)
2003.12.03 20:25:59    Line:21,   GETV2(5)
2003.12.03 20:25:59    Line:22,   SETV2(2,1,FF)
2003.12.03 20:25:59    Line:23,   SETV2(2,1,00)
2003.12.03 20:25:59    Line:24,   SETV2(2,1,FF)
2003.12.03 20:25:59    Line:25,   SETV2(2,1,00)
2003.12.03 20:25:59    Line:26,   GETPROPERTY(18,16,0,0)
2003.12.03 20:25:59    Line:27,   GETPROPERTY(148,17,0,240)
2003.12.03 20:25:59    Line:28,   GETPROPERTY(1,16,0,0)
2003.12.03 20:25:59    Line:29,   GETPROPERTY(248,16,0,0)
2003.12.03 20:25:59    Line:30,   GETPROPERTY(110,0,0,0)
2003.12.03 20:25:59    Line:31,   GETPROPERTY(174,0,0,0)
2003.12.03 20:25:59    Line:32,   SETV2(0,3,03E8)
2003.12.03 20:25:59    Line:33,   GETV2(0)
  
```

2003.12.03 20:25:59	Line:34,	SETV2(1,0,00)
2003.12.03 20:25:59	Line:35,	GETV2(1)
2003.12.03 20:26:00	Line:36,	SETV2(1,0,01)
2003.12.03 20:26:00	Line:37,	GETV2(1)
2003.12.03 20:26:00	Line:38,	SETV2(2,1,80)
2003.12.03 20:26:00	Line:39,	GETV2(2)
2003.12.03 20:26:00	Line:40,	SETV2(2,1,00)
2003.12.03 20:26:00	Line:41,	SETV2(3,2,03E8)
2003.12.03 20:26:00	Line:42,	GETV2(3)
2003.12.03 20:26:00	Line:43,	SETV2(4,3,000003E8)
2003.12.03 20:26:00	Line:44,	GETV2(4)
2003.12.03 20:26:00	Line:45,	SETV2(5,4,000003E8)
2003.12.03 20:26:00	Line:46,	GETV2(5)
2003.12.03 20:26:00	Line:47,	SETV2(2,1,FF)
2003.12.03 20:26:00	Line:48,	SETV2(2,1,00)
2003.12.03 20:26:00	Line:49,	SETV2(2,1,FF)
2003.12.03 20:26:00	Line:50,	SETV2(2,1,00)
2003.12.03 20:26:00	Line:51,	GETPROPERTY(18,16,0,0)
2003.12.03 20:26:00	Line:52,	GETPROPERTY(148,17,0,240)
2003.12.03 20:26:00	Line:53,	GETPROPERTY(1,16,0,0)
2003.12.03 20:26:00	Line:54,	GETPROPERTY(248,16,0,0)
2003.12.03 20:26:00	Line:55,	GETPROPERTY(110,0,0,0)
2003.12.03 20:26:00	Line:56,	GETPROPERTY(174,0,0,0)
2003.12.03 20:26:00	Line:57,	SETV2(0,3,03E8)
2003.12.03 20:26:00	Line:58,	GETV2(0)
2003.12.03 20:26:00	Line:59,	SETV2(1,0,00)
2003.12.03 20:26:00	Line:60,	GETV2(1)
2003.12.03 20:26:00	Line:61,	SETV2(1,0,01)
2003.12.03 20:26:00	Line:62,	GETV2(1)
2003.12.03 20:26:00	Line:63,	SETV2(2,1,80)
2003.12.03 20:26:00	Line:64,	GETV2(2)
2003.12.03 20:26:01	Line:65,	SETV2(2,1,00)
2003.12.03 20:26:01	Line:66,	SETV2(3,2,03E8)
2003.12.03 20:26:01	Line:67,	GETV2(3)
2003.12.03 20:26:01	Line:68,	SETV2(4,3,000003E8)
2003.12.03 20:26:01	Line:69,	GETV2(4)
2003.12.03 20:26:01	Line:70,	SETV2(5,4,000003E8)
2003.12.03 20:26:01	Line:71,	GETV2(5)
2003.12.03 20:26:01	Line:72,	SETV2(2,1,FF)
2003.12.03 20:26:01	Line:73,	SETV2(2,1,00)

Continuación Anexo J Ejemplo de listado de resultados de una prueba de confiabilidad de "PowerBus"

2003.12.03 20:26:01		Line:74,	SETV2(2,1,FF)
2003.12.03 20:26:01		Line:75,	SETV2(2,1,00)
2003.12.03 20:26:01		Line:76,	GETPROPERTY(18,16,0,0)
2003.12.03 20:26:01		Line:77,	GETPROPERTY(148,17,0,240)
2003.12.03 20:26:01		Line:78,	GETPROPERTY(1,16,0,0)
2003.12.03 20:26:01		Line:79,	GETPROPERTY(248,16,0,0)
2003.12.03 20:26:01		Line:80,	GETPROPERTY(110,0,0,0)
2003.12.03 20:26:01		Line:81,	GETPROPERTY(174,0,0,0)
2003.12.03 20:26:01		Line:82,	SETV2(0,3,03E8)
2003.12.03 20:26:01		Line:83,	GETV2(0)
2003.12.03 20:26:01		Line:84,	SETV2(1,0,00)
2003.12.03 20:26:01		Line:85,	GETV2(1)
2003.12.03 20:26:01		Line:86,	SETV2(1,0,01)
2003.12.03 20:26:02		Line:87,	GETV2(1)
2003.12.03 20:26:02		Line:88,	SETV2(2,1,80)
2003.12.03 20:26:02		Line:89,	GETV2(2)
2003.12.03 20:26:02		Line:90,	SETV2(2,1,00)
2003.12.03 20:26:02		Line:91,	SETV2(3,2,03E8)
2003.12.03 20:26:02		Line:92,	GETV2(3)
2003.12.03 20:26:02		Line:93,	SETV2(4,3,000003E8)
2003.12.03 20:26:02		Line:94,	GETV2(4)
2003.12.03 20:26:02		Line:95,	SETV2(5,4,000003E8)
2003.12.03 20:26:02		Line:96,	GETV2(5)
2003.12.03 20:26:02		Line:97,	SETV2(2,1,FF)
2003.12.03 20:26:02		Line:98,	SETV2(2,1,00)
2003.12.03 20:26:02		Line:99,	SETV2(2,1,FF)
2003.12.03 20:26:02		Line:100,	SETV2(2,1,00)
2003.12.03 20:26:38	***	Error Line:1,	SN:000000000000000001,
PowerBus API error. (342)			
2003.12.03 20:26:50	***	Error Line:2,	SN:000000000000000001,
PowerBus API error. (342)			
2003.12.03 20:26:54		Success Line:3,	SN:000000000000000001,
Response: 3030303030303030303030303030303031			
2003.12.03 20:26:58		Success Line:4,	SN:000000000000000001,
Response: 3230344336343337322E302D41313132			
2003.12.03 20:27:04		Success Line:5,	SN:000000000000000001,
Response: 00			
2003.12.03 20:27:08		Success Line:6,	SN:000000000000000001,
Response: 00			

Continuación Anexo J Ejemplo de listado de resultados de una prueba de confiabilidad de "PowerBus"

2003.12.03 20:27:09	Success	Line:7, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:27:13	Success	Line:8, SN:000000000000000001,
Response: 03E80000		
2003.12.03 20:27:17	Success	Line:9, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:27:19	Success	Line:10, SN:000000000000000001,
Response: 00		
2003.12.03 20:27:20	Success	Line:11, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:27:24	Success	Line:12, SN:000000000000000001,
Response: 01		
2003.12.03 20:27:25	Success	Line:13, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:27:26	Success	Line:14, SN:000000000000000001,
Response: 80		
2003.12.03 20:27:27	Success	Line:15, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:27:32	Success	Line:16, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:27:34	Success	Line:17, SN:000000000000000001,
Response: 03E8		
2003.12.03 20:27:35	Success	Line:18, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:27:37	Success	Line:19, SN:000000000000000001,
Response: 000003E8		
2003.12.03 20:27:39	Success	Line:20, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:27:41	Success	Line:21, SN:000000000000000001,
Response: 000003E8		
2003.12.03 20:27:43	Success	Line:22, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:27:44	Success	Line:23, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:27:47	Success	Line:24, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:27:48	Success	Line:25, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:28:03	*** Error	Line:26, SN:000000000000000001,
PowerBus API error. (342)		
2003.12.03 20:28:16	*** Error	Line:27, SN:000000000000000001,
PowerBus API error. (342)		
2003.12.03 20:28:18	Success	Line:28, SN:000000000000000001,
Response: 3030303030303030303030303030303031		
2003.12.03 20:28:20	Success	Line:29, SN:000000000000000001,
Response: 3230344336343337322E302D41313132		
2003.12.03 20:28:23	Success	Line:30, SN:000000000000000001,
Response: 00		
2003.12.03 20:28:24	Success	Line:31, SN:000000000000000001,
Response: 00		
2003.12.03 20:28:31	Success	Line:32, SN:000000000000000001

Continuación Anexo J Ejemplo de listado de resultados de una prueba de confiabilidad de "PowerBus"

2003.12.03 20:28:32	Success	Line:33, SN:000000000000000001,
Response: 03E80000		
2003.12.03 20:28:40	Success	Line:34, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:28:44	Success	Line:35, SN:000000000000000001,
Response: 00		
2003.12.03 20:28:50	Success	Line:36, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:28:50	Success	Line:37, SN:000000000000000001,
Response: 01		
2003.12.03 20:28:56	Success	Line:38, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:28:58	Success	Line:39, SN:000000000000000001,
Response: 80		
2003.12.03 20:29:02	Success	Line:40, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:29:06	Success	Line:41, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:29:08	Success	Line:42, SN:000000000000000001,
Response: 03E8		
2003.12.03 20:29:11	Success	Line:43, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:29:14	Success	Line:44, SN:000000000000000001,
Response: 000003E8		
2003.12.03 20:29:21	Success	Line:45, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:29:21	Success	Line:46, SN:000000000000000001,
Response: 000003E8		
2003.12.03 20:29:27	Success	Line:47, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:29:31	Success	Line:48, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:29:33	Success	Line:49, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:29:37	Success	Line:50, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:29:50	*** Error	Line:51, SN:000000000000000001,
PowerBus API error. (342)		
2003.12.03 20:30:03	*** Error	Line:52, SN:000000000000000001,
PowerBus API error. (342)		
2003.12.03 20:30:08	Success	Line:53, SN:000000000000000001,
Response: 3030303030303030303030303030303031		
2003.12.03 20:30:09	Success	Line:54, SN:000000000000000001,
Response: 3230344336343337322E302D41313132		
2003.12.03 20:30:12	Success	Line:55, SN:000000000000000001,
Response: 00		
2003.12.03 20:30:14	Success	Line:56, SN:000000000000000001,
Response: 00		
2003.12.03 20:30:18	Success	Line:57, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:30:19	Success	Line:58, SN:000000000000000001,
Response: 03E80000		

Continuación Anexo J Ejemplo de listado de resultados de una prueba de confiabilidad de "PowerBus"

2003.12.03 20:30:24	Success	Line:59, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:30:25	Success	Line:60, SN:000000000000000001,
Response: 00		
2003.12.03 20:30:25	Success	Line:61, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:30:27	Success	Line:62, SN:000000000000000001,
Response: 01		
2003.12.03 20:30:29	Success	Line:63, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:30:31	Success	Line:64, SN:000000000000000001,
Response: 80		
2003.12.03 20:30:32	Success	Line:65, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:30:33	Success	Line:66, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:30:35	Success	Line:67, SN:000000000000000001,
Response: 03E8		
2003.12.03 20:30:36	Success	Line:68, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:30:38	Success	Line:69, SN:000000000000000001,
Response: 000003E8		
2003.12.03 20:30:40	Success	Line:70, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:30:42	Success	Line:71, SN:000000000000000001,
Response: 000003E8		
2003.12.03 20:30:45	Success	Line:72, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:30:49	Success	Line:73, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:30:56	Success	Line:74, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:30:57	Success	Line:75, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:31:19	*** Error	Line:76, SN:000000000000000001,
PowerBus API error. (342)		
2003.12.03 20:31:34	*** Error	Line:77, SN:000000000000000001,
PowerBus API error. (342)		
2003.12.03 20:31:38	Success	Line:78, SN:000000000000000001,
Response: 3030303030303030303030303030303031		
2003.12.03 20:31:48	Success	Line:79, SN:000000000000000001,
Response: 3230344336343337322E302D41313132		
2003.12.03 20:31:49	Success	Line:80, SN:000000000000000001,
Response: 00		
2003.12.03 20:31:50	Success	Line:81, SN:000000000000000001,
Response: 00		
2003.12.03 20:31:51	Success	Line:82, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:31:54	Success	Line:83, SN:000000000000000001,
Response: 03E80000		

Continuación Anexo J Ejemplo de listado de resultados de una prueba de confiabilidad de "PowerBus"

```

2003.12.03 20:32:10      ***   Error Line:84,      SN:000000000000000001,
PowerBus API error. (342)
2003.12.03 20:32:10      Success  Line:85, SN:000000000000000001,
Response: 00
2003.12.03 20:32:15      Success  Line:86, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:32:17      Success  Line:87, SN:000000000000000001,
Response: 01
2003.12.03 20:32:18      Success  Line:88, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:32:20      Success  Line:89, SN:000000000000000001,
Response: 80
2003.12.03 20:32:20      Success  Line:90, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:32:25      Success  Line:91, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:32:26      Success  Line:92, SN:000000000000000001,
Response: 03E8
2003.12.03 20:32:30      Success  Line:93, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:32:35      Success  Line:94, SN:000000000000000001,
Response: 000003E8
2003.12.03 20:32:38      Success  Line:95, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:32:44      Success  Line:96, SN:000000000000000001,
Response: 000003E8
2003.12.03 20:32:47      Success  Line:97, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:32:50      Success  Line:98, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:32:51      Success  Line:99, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:32:53      Success  Line:100, SN:000000000000000001
2003.12.03 20:33:06      ***   Error Line:1, SN:000000000000000002, Device
not found.
2003.12.03 20:33:06      ***   User has stopped script execution.
2003.12.03 20:33:08      --- COMMUNICATION STATISTICS ---
2003.12.03 20:33:08      SN:000000000000000001, 100 packet(s) sent,
91 successful packet(s), 91% success rate.
2003.12.03 20:33:08      SN:000000000000000002, 1 packet(s) sent, 0
successful packet(s), 0% success rate.

```

Continuación Anexo J Ejemplo de listado de resultados de una prueba de confiabilidad de “PowerBus”

ANEXO K Listado de un guión de primitivas para pruebas con “Sdiags”

10 00 09 FF FF FF 00 01 02 00 11 00 E6
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 00 11 01 E5
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 00 11 02 E4
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 00 11 03 E3
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 00 11 04 E2
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 00 F9
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 01 F8
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 02 F7
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 03 F6
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 04 F5
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 05 F4
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 05 11 00 E1
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 05 11 01 E0
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 05 11 02 DF
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 05 11 03 DE
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 05 11 04 DD
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 06 F3
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 07 F2
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 09 F0
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 10 E9
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 11 E8
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 12 E7
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 13 E6
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 20 D9
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 40 B9
10 00 0f FF FF FF 00 02 02 41 10 00 05 47 75 61 63 61 B9
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 41 B8
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 60 99
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 61 98
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 61 11 00 85
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 61 11 01 84
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 61 11 02 83
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 61 11 03 82
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 61 11 04 81
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 62 97
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 62 11 00 84
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 62 11 01 83
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 62 11 02 82
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 62 11 03 81
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 62 11 04 80
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 63 96

10 00 09 FF FF FF 00 01 02 63 11 00 83
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 63 11 01 82
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 63 11 02 81
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 63 11 03 80
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 63 11 04 7F
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 64 95
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 64 11 00 82
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 64 11 01 81
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 64 11 02 80
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 64 11 03 7F
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 64 11 04 7E
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 65 94
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 65 11 00 81
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 65 11 01 80
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 65 11 02 7F
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 65 11 03 7E
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 65 11 04 7D
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 66 93
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 66 11 00 80
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 66 11 01 7F
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 66 11 02 7E
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 66 11 03 7D
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 66 11 04 7C
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 6A 8F
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6A 11 00 7C
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6A 11 01 7B
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6A 11 02 7A
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6A 11 03 79
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6A 11 04 78
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 6B 8E
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6B 11 00 7B
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6B 11 01 7A
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6B 11 02 79
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6B 11 03 78
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6B 11 04 77
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 6E 8B
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 6F 8A
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6F 11 00 77
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6F 11 01 76
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6F 11 02 75

Continuación Anexo K Listado de un gui3n de primitivas para pruebas con
"Sdiags"

10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6F 11 03 74
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 6F 11 04 73
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 7A 7F
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 7A 11 00 6C
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 7A 11 01 6B
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 7A 11 02 6A
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 7A 11 03 69
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 7A 11 04 68
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 7B 7E
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 7B 11 00 6B
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 7B 11 01 6A
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 7B 11 02 69
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 7B 11 03 68
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 7B 11 04 67
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 80 79
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 80 11 00 66
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 80 11 01 65
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 80 11 02 64
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 80 11 03 63
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 80 11 04 62
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 8F 6A
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 8F 11 00 57
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 8F 11 01 56
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 8F 11 02 55
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 8F 11 03 54
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 8F 11 04 53
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 94 65
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 94 11 00 52
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 94 11 01 51
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 94 11 02 50
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 94 11 03 4F
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 94 11 04 4E
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 A0 59
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 A1 58
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 A3 56
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 A4 55
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 AE 4B
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 AF 4A
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 B0 49
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 B2 47

Continuación Anexo K Listado de un gui3n de primitivas para pruebas con
"Sdiags"

10 00 07 FF FF FF 00 01 02 B3 46
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 ED 0C
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 ED 0C
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 EE 0B
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 EF 0A
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 EF 11 00 F7
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 EF 11 01 F6
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 EF 11 02 F5
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 EF 11 03 F4
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 EF 11 04 F3
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 F0 09
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 F0 11 00 F6
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 F0 11 01 F5
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 F0 11 02 F4
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 F0 11 03 F3
10 00 09 FF FF FF 00 01 02 F0 11 04 F2
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 F6 03
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 F7 02
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 F8 01
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 F9 00
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 FD FC
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 FE FB
10 00 07 FF FF FF 00 01 02 FF FA

Continuación Anexo K Listado de un gui3n de primitivas para pruebas con
"Sdiags"

ANEXO L Ejemplo de resultados de la ejecución de un guión de primitivas
“PowerBus” mediante “Sdiags”

```
// 2003-12-03 20:48:10.030 Script started
20:48:10.080 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 00 11 00 E6
20:48:10.080 < 10 00 10 FF FF FF 80 00 11 00 00 07 00 11 3A 00 07 39 00 D0
20:48:11.120 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 00 11 01 E5
20:48:11.120 < 10 00 10 FF FF FF 80 00 11 01 00 07 01 10 01 00 12 39 30 CD
20:48:12.170 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 00 11 02 E4
20:48:12.170 < 10 00 10 FF FF FF 80 00 11 02 00 07 02 01 01 00 01 22 22 10
20:48:13.210 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 00 11 03 E3
20:48:13.270 < 10 00 10 FF FF FF 80 00 11 03 00 07 03 01 01 00 01 22 22 0E
20:48:14.260 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 00 11 04 E2
20:48:14.260 < 10 00 10 FF FF FF 80 00 11 04 00 07 04 10 01 00 02 22 22 FC
20:48:15.300 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 00 F9
20:48:15.350 < 10 00 10 FF FF FF 80 00 11 00 00 07 00 11 3A 00 07 39 00 D0
20:48:16.340 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 01 F8
20:48:16.400 < 10 00 1A FF FF FF 80 01 10 00 12 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
30 30 30 30 30 30 30 30 31 E5
20:48:17.390 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 02 F7
20:48:17.440 < 10 00 07 FF FF FF 80 02 01 38 41
20:48:18.430 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 03 F6
20:48:18.430 < 10 00 07 FF FF FF 80 03 01 3F 39
20:48:19.470 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 04 F5
20:48:19.470 < 10 00 0A FF FF FF 80 04 10 00 02 03 FF 61
20:48:20.520 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 05 F4
20:48:20.520 < 10 00 0A FF FF FF 80 05 11 00 00 01 00 62
20:48:21.510 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 06 F3
20:48:21.560 < 10 00 05 FF FF FF E0 00 1E
20:48:22.550 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 07 F2
20:48:22.600 < 10 00 07 FF FF FF 80 07 01 00 74
20:48:23.590 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 09 F0
20:48:23.650 < 10 00 05 FF FF FF E0 00 1E
20:48:24.640 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 10 E9
20:48:24.690 < 10 00 12 FF FF FF 80 10 10 00 0A 64 69 73 20 70 72 75 65 62 61
68
20:48:25.680 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 11 E8
20:48:25.730 < 10 00 12 FF FF FF 80 11 10 00 0A 4D 6F 64 20 4E 69 65 76 65 73
9C
20:48:26.720 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 12 E7
```

20:48:26.830 < 10 00 74 FF FF FF 80 12 10 00 6C 68 74 74 70 3A 2F 2F 77 77 77
2E 75 69 73 2E 65 64 75 2E 63 6F 2F 6D 61 65 73 74 72 69 61 73 2F 69 6E 67 65
6E 69 65 72 69 61 2F 69 6E 66 6F 72 6D 61 74 69 63 61 5F 79 5F 63 6F 6D 70 75
74 61 63 69 6F 6E 2F 74 72 75 6A 69 6C 6C 6F 2F 50 6F 77 65 72 42 75 73 2F
6D 65 64 69 64 6F 72 65 73 2F 70 72 75
65 62 61 73 2E 78 6C 6D 6D
20:48:27.770 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 13 E6
20:48:27.820 < 10 00 18 FF FF FF 80 13 10 00 10 54 72 75 6A 69 6C 6C 6F 20 46
61 63 74 6F 72 79 EB
20:48:28.810 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 20 D9
20:48:28.870 < 10 00 05 FF FF FF E0 00 1E
20:48:29.910 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 40 B9
20:48:29.960 < 10 00 1B FF FF FF 80 40 10 00 13 55 6E 69 64 61 64 20 50 72 75
65 62 61 20 54 78 2D 52 78 4E
20:48:30.950 > 10 00 0f FF FF FF 00 02 02 41 10 00 05 47 75 61 63 61 B9
20:48:31.060 < 10 00 04 FF FF FF 80 7F
20:48:32.000 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 41 B8
20:48:32.000 < 10 00 0D FF FF FF 80 41 10 00 05 47 75 61 63 61 3F
20:48:32.990 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 60 99
20:48:33.040 < 10 00 0A FF FF FF 80 60 10 00 02 06 00 01
20:48:34.030 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 61 98
20:48:34.080 < 10 00 0B FF FF FF 80 61 11 00 00 02 C3 A8 99
20:48:35.070 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 61 11 00 85
20:48:35.130 < 10 00 0B FF FF FF 80 61 11 00 00 02 C3 A8 99
20:48:36.120 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 61 11 01 84
20:48:36.170 < 10 00 0B FF FF FF 80 61 11 01 00 02 E0 F8 2B
20:48:37.160 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 61 11 02 83
20:48:37.160 < 10 00 0B FF FF FF 80 61 11 02 00 02 E1 F8 29
20:48:38.200 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 61 11 03 82
20:48:38.200 < 10 00 0B FF FF FF 80 61 11 03 00 02 E2 F8 27
20:48:39.190 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 61 11 04 81
20:48:39.190 < 10 00 0B FF FF FF 80 61 11 04 00 02 E3 F8 25
20:48:40.240 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 62 97
20:48:40.240 < 10 00 13 FF FF FF 80 62 11 00 00 0A 43 75 65 6E 74 61 50 75 6C
73 EF
20:48:41.220 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 62 11 00 84
20:48:41.280 < 10 00 13 FF FF FF 80 62 11 00 00 0A 43 75 65 6E 74 61 50 75 6C
73 EF
20:48:42.270 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 62 11 01 83

Continuación Anexo L resultados de la ejecución de un gui3n de primitivas
"PowerBus"

20:48:42.270 < 10 00 13 FF FF FF 80 62 11 01 00 0A 42 6F 6F 6C 65 61 6E 61
FF FF D3
20:48:43.260 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 62 11 02 82
20:48:43.310 < 10 00 13 FF FF FF 80 62 11 02 00 0A 55 6E 73 43 68 61 72 61 63
74 05
20:48:44.350 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 62 11 03 81
20:48:44.350 < 10 00 13 FF FF FF 80 62 11 03 00 0A 53 69 67 6E 45 6E 74 65 72
6F F2
20:48:45.400 > 10 00 09 FF FF FF 00 01 02 62 11 04 80
20:48:45.400 < 10 00 13 FF FF FF 80 62 11 04 00 0A 53 69 67 6E 65 64 4C 6F 6E
67 05
20:48:46.440 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 63 96
20:48:46.440 < 10 00 0E FF FF FF 80 63 11 00 00 05 20 00 00 00 00 DC
20:48:47.490 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 64 95
20:48:47.490 < 10 00 0A FF FF FF 80 64 11 00 00 01 E0 23
20:48:48.580 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 65 94
20:48:48.580 < 10 00 16 FF FF FF 80 65 11 00 00 0D 80 00 00 00 00 FF FF FF
FF FF FF FF FF 72
20:48:49.630 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 66 93
20:48:49.630 < 10 00 0B FF FF FF 80 66 11 00 00 02 FF FF 01
20:48:50.670 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 6B 8E
20:48:50.670 < 10 00 0A FF FF FF 80 6B 11 00 00 01 00 FC
20:48:51.710 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 6E 8B
20:48:51.710 < 10 00 07 FF FF FF 80 6E 00 00 0E
20:48:52.760 > 10 00 07 FF FF FF 00 01 02 6A 8F
20:48:52.810 < 10 00 29 FF FF FF 80 6A 11 00 00 20 C3 A8 43 75 65 6E 74 61 50
75 6C 73 00 00 00 00 80 00 00 00 00 FF FF FF FF FF FF FF FF FF DA
// 2003-12-03 20:48:53.800 Script completed

Continuación Anexo L resultados de la ejecución de un gui3n de primitivas
"PowerBus"

ANEXO M Análisis de la velocidad de transmisión de datos a partir de pruebas de confiabilidad usando la herramienta “software” “Burn In Tool”

1. Parte A: transmisión de mensajes de primitivas “GET Property”

Se utiliza la herramienta “software PowerBus Burn In” para el envío a través del medio de 1000 mensajes con destino a cada dispositivo manufacturado. La mayoría de ellos son primitivas “GET Property” y las respuestas se llevan al computador del nodo maestro. Esta prueba es prolongada debido al volumen de datos a recuperar y porque las ordenes de recuperar la información de 26 propiedades de cada dispositivo “PowerBus” manufacturado se repiten 33 veces. No se presentan inconsistencias ni errores. La tasa de éxito de transmisión de datos es del 100 %. Hay mensajes pequeños (11 “bytes”), medianos (diversos tamaños) y grandes (204 “bytes”).

Esta prueba permite verificar diferentes elementos de las especificaciones del protocolo. Todas las propiedades y sus valores concuerdan con lo especificado en manuales. Las propiedades que se leen son las siguientes:

01h	1 ₁₀	Número serial de manufactura
02h	2 ₁₀	Dirección provisional de nodo (8 “bits” menos significativos)
03h	3 ₁₀	Dirección provisional de nodo (6 “bits” menos significativos)
04h	4 ₁₀	Dirección provisional de red
10h	16 ₁₀	Tipo de dispositivo
11h	17 ₁₀	Modelo de dispositivo
12h	18 ₁₀	Localizador de recursos universal (URL)
13h	19 ₁₀	Nombre de fabricante
40h	64 ₁₀	Nombre amigable del dispositivo
41h	65 ₁₀	Localización
60h	96 ₁₀	Número de variables virtuales definidas
61h	97 ₁₀	Características de las variables virtuales
62h	98 ₁₀	Nombres de las variables virtuales
63h	99 ₁₀	Reporte, forma de realizarlo
64h	100 ₁₀	Mapeo de variables virtuales al hardware
6Ah	106 ₁₀	Listado de variables virtuales
A0h	160 ₁₀	Clave de cifrado del fabricante
A1h	161 ₁₀	Clave de cifrado pública
A3h	163 ₁₀	Clave de cifrado del instalador
A4h	164 ₁₀	Clave de cifrado de acceso remoto
AEh	174 ₁₀	Habilitación de cifrado
B0h	176 ₁₀	Versión del “firmware”
B2h	178 ₁₀	Identificador visible
F7h	247 ₁₀	Identificador de encapsulado del circuito integrado “PowerBus” U-XXX
F8h	248 ₁₀	Identificador del lote de producción del integrado
F9h	249 ₁₀	Identificador del “firmware”, modelo de dispositivo

2. Parte B: envío de mensajes de longitud corta, media y larga.

En un segundo ejercicio de análisis se utiliza la herramienta “software PowerBus Burn In” para el envío a través del medio de 1000 mensajes con destino a cada dispositivo manufacturado.

En la prueba 1, los mensajes son cortos, tan solo 11 “bytes”. En la prueba 2, los mensajes son de longitud media. Y en la prueba 3 los mensajes son largos, lo máximo posible.

La mayoría de los mensajes son primitivas “GET Property” y las respuestas se llevan al computador del nodo maestro. Esta prueba es prolongada debido al volumen de datos a recuperar. No se utilizan operaciones “SET Property” debido a que no se quiere agotar el tiempo de vida de la memoria “flash” de los dispositivos. En las tres pruebas la tasa de éxito en las transmisiones es del 100 %.

2.1. Prueba 1: envío de mensajes de longitud corta

A partir de la transmisión de 1000 primitivas “GET Property” de las propiedades tipo booleana 64h y AEh (110 y 174 decimal) se obtuvo lo siguiente:

Respuesta a solicitud #1 en el primer dispositivo “PowerBus”:

14:12:29 Success Line:1, SN:000000000000000001, Response: 00

Respuesta a solicitud #1000 en el primer dispositivo: “PowerBus”:

14:24:52 Success Line:1000, SN:000000000000000001, Response: 00

Tiempo entre respuesta a solicitud #1 y respuesta a solicitud #1000: 743 segundos

Longitud campo de datos de la respuesta: un “byte”, es decir 8 “bits”

Longitud de la petición: 11 “bytes”, es decir 88 “bits”

Longitud de la respuesta: 11 “bytes”, es decir 88 “bits”

Cantidad de peticiones: 1000

Cantidad de respuestas: 1000

Total de “bits” en peticiones: $1000 \cdot 11 \cdot 8 = 88000$ “bits”

Total de “bits” en respuestas: $1000 \cdot 11 \cdot 8 = 88000$ “bits”

Velocidad de transmisión de datos bruta promedio :

$(88000 + 88000) / 743 = 236,87$ bps

Para el segundo dispositivo la velocidad obtenida en procedimiento idéntico es de 278,92 bps.

En esta y las demás pruebas hay un gran error introducido por el tiempo de procesamiento en los “hosts” y en los dispositivos “PowerBus”.

Continuación Anexo M: Análisis de la velocidad de transmisión de datos a partir de pruebas de confiabilidad usando la herramienta “Burn In Tool”.

2.2. Prueba 2: envío de mensajes de longitud media

Permite leer el número serial y el identificador del lote de producción del circuito integrado "PowerBus". La longitud de los mensajes es media. No hay errores de transmisión y la entrega es del 100 %.

2.3. Prueba 3: envío de mensajes de longitud larga

A partir de la transmisión de 1000 primitivas "GET Property" se puede obtener lo siguiente:

Contenido campo de datos mensaje de la respuesta tipo 1:

```
0000B798B9F0BA86BACCBB1CBB4EBB80BB94BBB2BBD0BBEEBBF8BC16BC
2FBC3EBC52BC6BBC84BC98BCB1BCC5BCE3BCF7BD06BD0BBD10BD48BD8
0BDB8BDF0BE28BE60BE98BED0BF08BF40BF78BFB0BFE8C020C058C090C0
C8C100C138C170C1A8C1E0C218C250C288C2C0C2F8C330C368C3A0C3D8C4
10C448C480C4B8C4F0C528C560C598C5D0C608C640C678C6B0C6E8C720C7
58C790C7C8C800C838C870C8A8C8E0C918C950C988C9C0C9F8CA30CA68CA
A0CAD8CB10CB48CB80CBB8CBF0CC28CC60CC98CCD0CD08CD40CD78CDB
0CDE8CE20CE58CE90CEC8CF00CF38CF70CFA8CFE0D018D050D088D0C0D
0F8D130D168
```

Contenido campo de datos mensaje de la respuesta tipo 2:

```
687474703A2F2F777772E7569732E6564752E636F2F6D61657374726961732F
696E67656E69657269612F696E666F726D61746963615F795F636F6D70757461
63696F6E2F7472756A696C6C6F2F506F7765724275732F6D656469646F726573
2F707275656261732E786C6D
```

número de mensajes enviados de cada tipo: 500

dígitos hexadecimales mensaje tipo 1: 480

dígitos hexadecimales mensaje tipo 2: 216

Total de dígitos hexadecimales transmitidos: $500 \times (480 + 216) = 348000$ bits
transmitidos entre mensajes tipo 1 y 2 : $348000 \times 4 = 1392000$ "bits"

Tiempo de ejecución de la prueba: 15:17:17 a 16:31:08 = 4431 seg.

Sin contar primitivas de petición: Velocidad de transmisión de datos efectiva
promedio: $1392000 / 4431 = 314.5$ bps

La primitiva "GET Property" de solicitud requiere 15 "bytes", es decir $15 \times 8 = 120$ "bits"

Número de solicitudes: 1000

Total de "bits" solicitados: $120 \times 1000 = 120000$ "bits"

Continuación Anexo M: Análisis de la velocidad de transmisión de datos a partir de pruebas de confiabilidad usando la herramienta "Burn In Tool".

La primitiva "Result" de respuesta requiere 13 "bytes" en campos diferentes a la carga, es decir $13 \times 8 = 104$ "bits"

Número de respuestas: 1000

Total de "bits" de sobrecarga en las peticiones: 104000 "bits"

Velocidad de transmisión de datos bruta promedio :

$(1392000 + 104000 + 120000) / 4431 = 364.7$ bps

Obsérvese que se incluye tiempo de procesamiento y no se cuentan "bits" asociados al desempeño del protocolo de control de acceso al medio CSMA.

3. Parte C: envío de mensajes para determinar la velocidad en bruto de transmisión de datos

Por otra parte, a partir de la secuencia de respuestas siguiente se puede analizar:

```
15:17:17      Success      Line:1, SN:000000000000000001, Response:
687474703A2F2F777772E7569732E6564752E636F2F6D61657374726961732F
696E67656E69657269612F696E666F726D61746963615F795F636F6D70757461
63696F6E2F7472756A696C6C6F2F506F7765724275732F6D656469646F726573
2F707275656261732E786C6D
```

```
15:17:23      Success      Line:2, SN:000000000000000001, Response:
0000B798B9F0BA86BACCBB1CBB4EBB80BB94BBB2BBD0BBEEBBF8BC16BC
2FBC3EBC52BC6BBC84BC98BCB1BCC5BCE3BCF7BD06BD0BBD10BD48BD8
0BDB8BDF0BE28BE60BE98BED0BF08BF40BF78BFB0BFE8C020C058C090C0
C8C100C138C170C1A8C1E0C218C250C288C2C0C2F8C330C368C3A0C3D8C4
10C448C480C4B8C4F0C528C560C598C5D0C608C640C678C6B0C6E8C720C7
58C790C7C8C800C838C870C8A8C8E0C918C950C988C9C0C9F8CA30CA68CA
A0CAD8CB10CB48CB80CBB8CBF0CC28CC60CC98CCD0CD08CD40CD78CDB
0CDE8CE20CE58CE90CEC8CF00CF38CF70CFA8CFE0D018D050D088D0C0D
0F8D130D168
```

El tiempo de llegada de la primera respuesta es: 15:17:17

El tiempo de llegada de la segunda respuesta es: 15:17:23

Entonces el tiempo para realizar la petición y la llegada de la respuesta es: 6 segundos.

En la petición se transmiten 15 "bytes", es decir 120 "bits".

En la respuesta (segunda) se transmiten 480 dígitos hexadecimales, es decir 1920 "bits".

Continuación Anexo M: Análisis de la velocidad de transmisión de datos a partir de pruebas de confiabilidad usando la herramienta "Burn In Tool".

ANEXO N Esquema de direccionamiento para "PowerBus" Maestro/Esclavo versión 3.0.0

LOGICAL NETWORK ADDRESS				SUBNETWORK ADDRESS				NODE ADDRESS				TX-Rx addresses			NET UNIT		04h 03h 02h			Comentarios															
23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	hexa	hexa	hexa	decimal	decimal	hexa	hexa	hexa				
Campo RED				Campo "subred"				Campo NODO				B4	B5	B6	NET	UNIT	NET	UNIT				Comentarios													
DIRECCIONES PROVISIONALES																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	F	F	F	F	0	0	1023	0	3	F	F	3	F	0	0	NO ASIGNADA, no utilizada
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	F	F	F	F	0	1	1023	16129	3	F	F	3	F	0	1	Dirección de unidad asignada aleatoriamente
																																			"
																																			"
																																			"
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	F	F	F	F	F	E	1023	16382	3	F	F	3	F	F	E	Dirección de unidad asignada aleatoriamente
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	F	F	F	F	F	F	1023	16383	3	F	3	3	F	F	F	DIRECCIÓN PARA TRANSMISIÓN LOCAL
RED 1																																			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	Dirección de difusión de red 1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	1	0	1	1	257	0	0	1	0	1	0	1	Dirección del nodo maestro de red 1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	1	0	2	1	258	0	0	1	0	1	0	2	esclavo 1 1a. dirección disponible para un esclavo, prefijo 41h
																																			"
																																			"
																																			"
																																			"
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	4	1	F	F	1	511	0	0	1	0	1	F	F	esclavo 254 última dirección disponible para esclavo, prefijo 41h
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	1	512	0	0	1	0	2	0	0	esclavo 255 1a. dirección disponible para un esclavo, prefijo 42h
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4	2	0	1	1	513	0	0	1	0	2	0	1	esclavo 256 2a. dirección disponible para un esclavo, prefijo 42h
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4	2	0	2	1	514	0	0	1	0	2	0	2	esclavo 257 3a. dirección disponible para un esclavo, prefijo 42h
																																			"
																																			"
																																			"
																																			"
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	4	2	F	F	1	767	0	0	1	0	2	F	F	esclavo 510 última dirección disponible para esclavo, prefijo 42h
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	1	768	0	0	1	0	3	0	0	esclavo 511 1a. dirección disponible para un esclavo, prefijo 43h
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4	3	0	1	1	769	0	0	1	0	3	0	1	esclavo 512 2a. dirección disponible para un esclavo, prefijo 43h
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4	3	0	2	1	770	0	0	1	0	3	0	2	esclavo 513 3a. dirección disponible para un esclavo, prefijo 43h
																																			"
																																			"
																																			"
																																			"
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	4	3	F	F	1	1023	0	0	1	0	3	F	F	esclavo 766 última dirección disponible para esclavo, prefijo 43h
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	1	1024	0	0	1	0	4	0	0	esclavo 767 1a. dirección disponible para un esclavo, prefijo 44h
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	4	0	1	1	1025	0	0	1	0	4	0	1	esclavo 768 2a. dirección disponible para un esclavo, prefijo 44h
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	4	0	2	1	1026	0	0	1	0	4	0	2	esclavo 769 3a. dirección disponible para un esclavo, prefijo 44h
																																			"
																																			"
																																			"
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	4	4	F	E	1	1278	0	0	1	0	4	F	E	esclavo 1021 última dirección disponible para esclavo, prefijo 44h
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	4	4	F	F	1	1279	0	0	1	0	4	F	F	NO ASIGNADA, no utilizada

ANEXO O Análisis de velocidad de transmisión de datos a partir de señales

La Figura O.1 siguiente presenta la ocurrencia de transmisión de trama por parte del nodo maestro de una red “PowerBus” hacia un nodo esclavo, cuando no hay otro nodo que le responda su petición, pues ambos esclavos de la red están apagados.

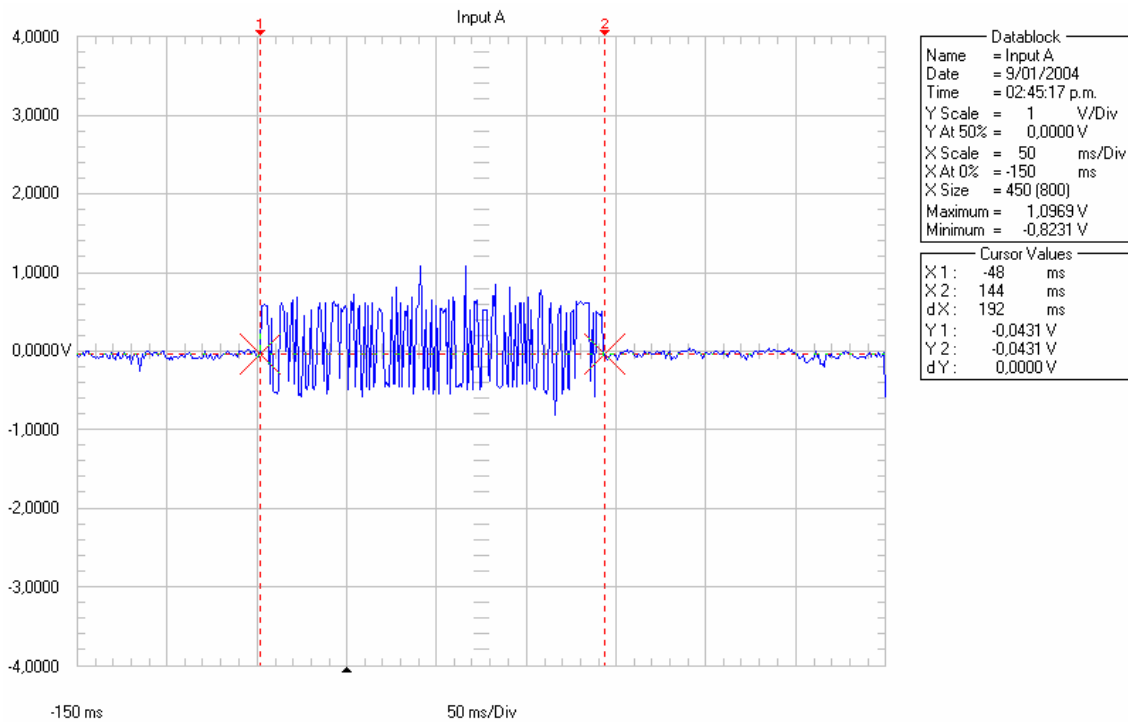


Figura O.1 Ocurrencia de una trama en el medio para cambiar el valor de una variable virtual entera larga con signo

Obsérvese que el tiempo necesario para la transmisión de la trama es de 192 milisegundos. La trama enviada corresponde a una operación “SET” sobre una variable virtual tipo entero larga con signo, variable que es de dos “bytes”. La primitiva respectiva entonces tiene una longitud de 14 “bytes”, es decir 112 “bits”.

Para esta primitiva que se transmite con el maestro operando en modo robusto, se tiene entonces una velocidad de transmisión de datos de 583.3 bps.

Pero en realidad la velocidad de transmisión de datos es mayor porque tan solo se está considerando el mensaje correspondiente a la primitiva que en esencia es de nivel transporte y no se está incluyendo la sobrecarga (“overhead”) debido a los

campos que pueda tener la trama MAC (“Media Access Control”), como por ejemplo: preámbulo, FCS y FEC.

Es decir, si hubiese un preámbulo de dos “bytes” y FCS y FEC fuesen de un “byte” cada uno, se tendría entonces que 18 sería la cantidad de “bytes” enviados en los 192 milisegundos y por consiguiente la cantidad de “bits” transmitidos sería 144. Realizando cálculos, la velocidad de transmisión de datos sería entonces de 750 bps.

En la figura O.2 se puede apreciar otro mensaje de primitiva, pero esta corresponde a una operación “GET” sobre una variable booleana, por consiguiente la trama tiene 11 “bytes” que corresponden a 88 “bits”. La velocidad de transmisión de datos es entonces de 586.6 bps. En este segundo ejemplo, también aplica el análisis de la sobrecarga MAC planteado en el ejemplo anterior. En este caso la velocidad de transmisión de datos teniendo en cuenta la sobrecarga MAC, bajo los mismos campos antes supuestos, sería de 800 bps.

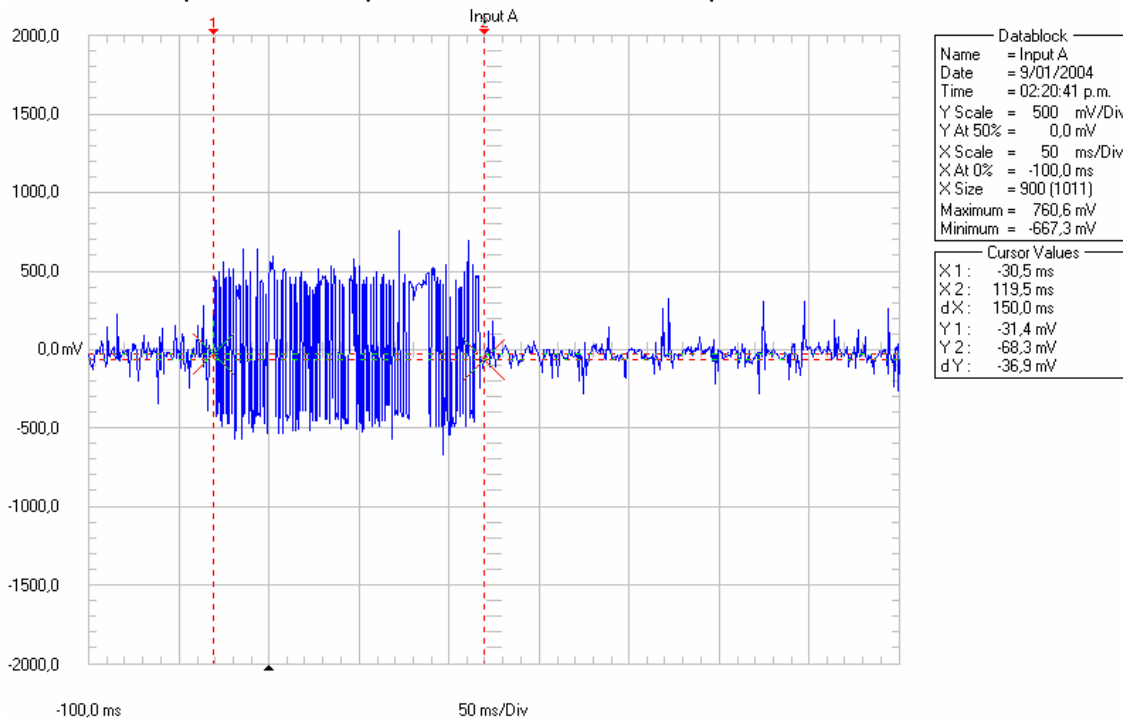


Figura O.2 Ocurrencia de una trama en el medio para cambiar el valor de una variable booleana

Continuación Anexo O: Análisis de velocidad de transmisión de datos a partir de señales.

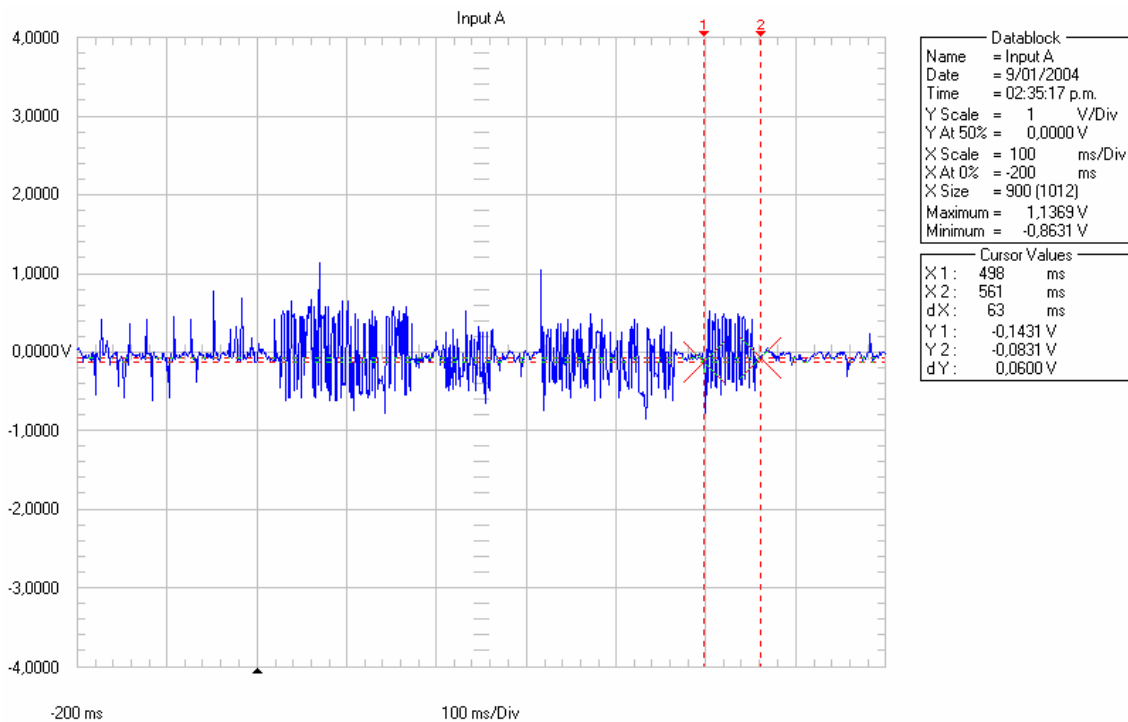


Figura O.3 Detalle de la duración de una confirmación

En la Figura O.3 se presentan dos envíos de trama y su confirmación (ACK). El tiempo para estas tramas es de 63 milisegundos y la velocidad de transmisión de datos sería de 1393.3 bps, si se vuelve a asumir que la trama es tan solo la longitud de la primitiva, de 88 “bits”.

La Figura O.4 corresponde a dos tramas enviadas en el medio. La más larga es de 150 milisegundos de duración y la trama corta es de 69 milisegundos. Las velocidades de transmisión de datos que se obtienen para estas medidas concuerdan con los valores antes obtenidos.

Continuación Anexo O: Análisis de velocidad de transmisión de datos a partir de señales.

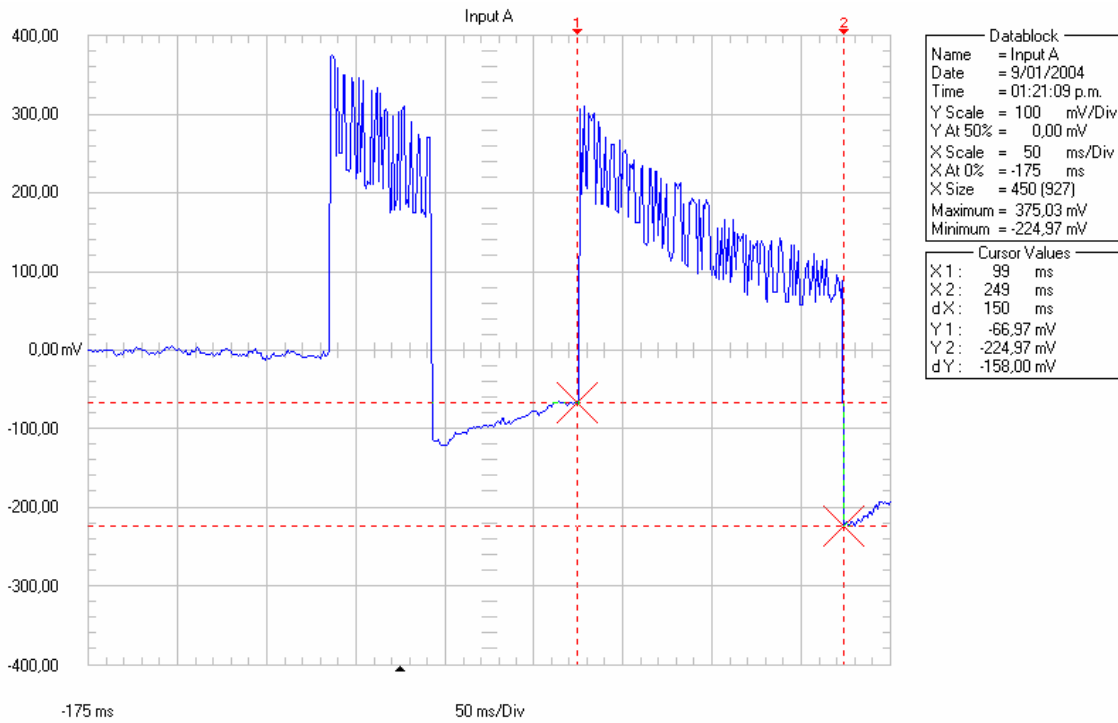


Figura O.4 Detalle de la duración de tramas que están sobre un nivel de DC

Continuación Anexo O: Análisis de velocidad de transmisión de datos a partir de señales.

ANEXO P Resumen de pruebas realizadas

1. Juego de Pruebas N° 1
 - 1.1. Nombre de las pruebas: pruebas sencillas
 - 1.2. Cantidad de pruebas: 10
 - 1.3. Distancia de prueba: 30 metros
 - 1.4. Descripción
Guiones para correr en “Burn In Tool” y realizar tareas como: leer una variable virtual, modificar el valor de una variable virtual, leer una propiedad, leer un grupo de variables.
 - 1.5. Observaciones:
 - a. Cantidad de paquetes enviados en cada prueba : 20
 - b. Cantidad de paquetes exitosos: 20 excepto en una prueba
 - c. Una prueba de paquetes para leer propiedades de longitud media o elevada tuvo una tasa de éxitos del 50%, se repitió y la tasa fue del 100%. (la causa conector defectuoso)

2. Juego de Pruebas N° 2
 - 2.1. Nombre de las pruebas: pruebas exhaustivas no ruidosas
 - 2.2. Cantidad de pruebas: 6 grupos de 3 (para tres cantidades de paquetes a enviar)
 - 2.3. Distancia de prueba: 30 metros
 - 2.4. Descripción
Guiones para correr en “Burn In Tool” y realizar tareas como: leer propiedades cortas, medianas y largas, lecturas de variables, lecturas mixtas de propiedades y variables; y lectura de configuración de dispositivo (un grupo de 100 propiedades)
 - 2.5. Observaciones:
 - a. Cantidad de paquetes enviados en cada prueba : 100, 300, 1000
 - b. Cantidad de paquetes exitosos: 100, 300, 1000
 - c. Tasa de éxitos del 100%.

3. Juego de Pruebas N° 3
 - 3.1. Nombre de las pruebas: pruebas exhaustivas ruidosas
 - 3.2. Cantidad de pruebas: 6 grupos de 3 (para tres cantidades de paquetes a enviar)
 - 3.3. Distancia de prueba: 30 metros
 - 3.4. Descripción
Guiones para correr en “Burn In Tool” y realizar tareas como: leer propiedades cortas, medianas y largas, lecturas de variables, lecturas mixtas de propiedades y variables; y lectura de configuración de dispositivo (un grupo de 100 propiedades)

- 3.5. Observaciones:
 - a. Cantidad de paquetes enviados en cada prueba : 100, 300, 1000
 - b. Cantidad de paquetes exitosos: 100, 300, 1000
 - c. Tasa de éxitos del 100%.
 - d. Se colocó ruido en la línea de energía activando en el mismo tomacorriente del nodo maestro durante 20 segundos: solo un ventilador, solo un taladro, solo una licuadora, solo un horno microondas, los cuatro artefactos juntos

4. Juego de Pruebas N° 4
 - 4.1. Nombre de las pruebas: pruebas exhaustivas en fases diferentes
 - 4.2. Cantidad de pruebas: 3
 - 4.3. Distancia de prueba: 100 metros
 - 4.4. Descripción
Guiones para correr en “Burn In Tool” y realizar tareas como: leer propiedades cortas, medianas y largas (un grupo de 100 propiedades)
 - 4.5. Observaciones:
 - a. Cantidad de paquetes enviados en cada prueba : 100
 - b. Cantidad de paquetes exitosos: 100
 - c. Tasa de éxitos del 99%, excepto en propiedades largas, en las cuales la tasa de éxitos es del 99%

5. Juego de Pruebas N° 5
 - 5.1. Nombre de las pruebas: pruebas exhaustivas en fases diferentes
 - 5.2. Cantidad de pruebas: 3
 - 5.3. Distancia de prueba: 100 metros
 - 5.4. Descripción
Guiones para correr en “Burn In Tool” y realizar tareas como: leer propiedades cortas, medianas y largas (un grupo de 100 propiedades)
 - 5.5. Observaciones:
 - a. Cantidad de paquetes enviados en cada prueba : 100
 - b. Cantidad de paquetes exitosos: 100
 - c. Tasa de éxitos del 99%, excepto en propiedades largas, en las cuales la tasa de éxitos es del 99%

6. Juego de Pruebas N° 6
 - 6.1. Nombre de las pruebas: pruebas exhaustivas en fases diferentes
 - 6.2. Cantidad de pruebas: 3
 - 6.3. Distancia de prueba: 100 metros

Continuación Anexo P: Resumen de pruebas realizadas.

- 6.4. Descripción
 Guiones para correr en “Burn In Tool” y realizar tareas como: leer propiedades cortas, medianas y largas (un grupo de 100 propiedades)
- 6.5. Observaciones:
- a. Cantidad de paquetes enviados en cada prueba : 100
 - b. Cantidad de paquetes exitosos: 100
 - c. Tasa de éxitos del 99%, excepto en propiedades largas, en las cuales la tasa de éxitos es del 99%
7. Juego de Pruebas N° 7
- 7.1. Nombre de las pruebas: pruebas cortas diversas
- 7.2. Cantidad de pruebas: 12
- 7.3. Distancia de prueba: 0 y 10 metros
- 7.4. Descripción
 Guiones para correr en “Burn In Tool” y realizar tareas como: leer propiedades cortas, medianas y largas (un grupo de 100 propiedades), leer variables de diferentes tipos, leer y escribir variables booleanas, leer y escribir diferentes tipos de variables, leer diferentes tipos de variables.
- 7.5. Observaciones:
- a. Cantidad de paquetes enviados en cada prueba : 100
 - b. Cantidad de paquetes exitosos: 100 excepto en propiedades largas (150 exitosos de 200, pues la prueba se repitió ante fallas del 50% a partir de determinado instante, posible causa: conector defectuoso)
 - c. Tasa de éxitos del 99%, excepto en propiedades largas, en las cuales la tasa de éxitos es del 50% puesto que en una primera prueba hubo ese desempeño aunque al repetirla fue del 100%
8. Juego de Pruebas N° 8
- 8.1. Nombre de las pruebas: pruebas externas cortas
- 8.2. Cantidad de pruebas: 6 por casa para cuatro casas diferentes
- 8.3. Distancia de prueba: 30, 50, 60 y 70 metros
- 8.4. Descripción
 Guiones para correr en “Burn In Tool” y realizar tareas como las realizadas en las siguientes pruebas:
1. Leer propiedades cortas (propiedades booleanas)
 2. leer propiedades de tamaño medio (propiedades tipo data),
 3. leer propiedades largas (propiedades data y array),
 4. leer y escribir diferentes tipos de variables (booleanas, enteras, caracter sin signo, enteras con signo, enteras largas con signo y flotantes),

Continuación Anexo P: Resumen de pruebas realizadas.

5. leer propiedades de diferentes tamaños así como leer y escribir variables de diferentes tipos,
6. y leer la configuración de dispositivos (leer 25 propiedades diferentes) así como leer y escribir algunas variables.

8.5. Observaciones

- a. Cantidad de paquetes enviados en cada prueba : 100, 103, 118, 120, 123
- b. Cantidad de paquetes exitosos:

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6
Casa 1	100	100	95	100	100	118
Casa 2	100	98	52	98	91	119
Casa 3	100	98	100	99	99	120
Casa 4	100	100	100	100	100	95

c. Tasa de éxitos:

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6
Casa 1	100	100	95	100	100	98
Casa 2	100	98	52	100	91	96
Casa 3	100	98	100	100	100	100
Casa 4	100	100	100	100	100	92

- d. Hubo unas pruebas en horario crítico, 7 p.m. a 9 p.m., donde el 52% al 56% de los paquetes fueron bien recibidos.

9. Juego de Pruebas N° 9

9.1. Nombre de las pruebas: conectividad inicial

9.2. Cantidad de pruebas: 1

9.3. Distancia de prueba: hasta donde funcione

9.4. Descripción

Guión para correr en "Burn In Tool" y realizar tareas como: escribir variables entero con signo para activar LEDs de los módulos "PowerCard" y así determinar visualmente si hay conectividad entre un esclavo y el maestro.

9.5. Observaciones:

Dependiendo de la distancia entre los nodos, los LED encenderán más rápido o mas lejos.

Continuación Anexo P: Resumen de pruebas realizadas.

- 10. Juego de Pruebas N° 10
- 10.1. Nombre de las pruebas: Pruebas de primitivas
- 10.2. Cantidad de pruebas: muchas
- 10.3. Distancia de prueba: no es importante en estas pruebas
- 10.4. Descripción
 - Guión para correr en “Sdiags” y realizar tareas como: ensamble de primitivas, revisión de la secuencia de chequeo CS; prueba de las primitivas en forma local o en forma remota; ejecución de primitivas para visualizar la señalización “PowerBus” mediante osciloscopio.
- 10.4 Observaciones:
 - Se debe considerar que es muy fácil equivocarse debido a la multiplicidad de formatos y a los detalles del direccionamiento, por tanto hay que revisar el manual y analizar las respuestas de la API.

Continuación Anexo P: Resumen de pruebas realizadas.

ANEXO Q Datos técnicos de las redes de distribución típicas locales

1. Longitud de la red por número de clientes:
Área rural: 268,5 m/cliente
Área urbana: 13 m/cliente
2. Utilización del transformador:
Área rural: 0,55 clientes por KVA
Área urbana: 0,75 clientes por KVA
3. Distancias entre apoyos (postes):
Área rural: 164,6 m/apoyo
Área urbana: 44,57 m/apoyo
4. Longitud de la red por KVA:
Área rural: 150 m de conductor por KVA
Área urbana: 9,8 m de conductor por KVA
5. Clases de transformadores según sus KVA:
Monofásicos: 5 10 15 25 KVA
Trifásicos: 15 30 45 75 112,5 150 225 300 KVA