

FACULTAD DE INGENIERIA –UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
ELECTRONICA GENERAL Y APLICADA
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL - INGENIERIA MECATRONICA
CARPETA TRABAJOS PRACTICOS
2022-TP N°11
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MOD BUS.
Estructura Maestro-Esclavo.

Objetivos

- Establecer conceptos y aplicaciones básicas sobre transferencia de datos
- Considerar los protocolos de comunicación en la transmisión de información y datos.
- Comprender el funcionamiento del Protocolo ModBus.

Conceptos Preliminares.

INTRODUCCIÓN.

El protocolo ModBus, es un sistema de transmisión de datos que controla la estructura de las comunicaciones que tienen lugar entre la Estación Central o Maestra y las Estaciones Esclavas (Autómatas, RTU, PID, etc). Diseñado por la empresa Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). El primer PLC aparece aproximadamente a finales de los años 60, se propone un sistema llamado **Modular Digital Controller**, el acrónimo que aún ronda en la actualidad, padre de los PLCs el histórico **MODICON**. El ingeniero que lideró el diseño fue Dick Morley, quien falleció el 17 de Octubre de 2017.

Entre 1970 a 1979 (aprox. 1973) en el sector industrial surge la necesidad de comunicar los equipos y es allí donde nace **Modicon Bus** (Modbus) el protocolo creado para comunicar los equipos Modicon. Desde su diseño este protocolo fue público, de fácil uso y poco desarrollo al controlar bloques de datos sin restricciones. Poco a poco y con el continuo desarrollo de Controladores programables se convirtió en un protocolo de comunicaciones estándar para la industria de Adquisición y Control de datos. Actualmente es el protocolo de mayor uso y disponibilidad para la comunicación y flujo de información entre dispositivos electrónicos industriales. A cada equipo remoto (esclavo) se le asigna un número de dispositivo (dirección unívoca) en el rango de 1 a 255. La comunicación comprende una trama de interrogación y una trama de respuesta, lo que forma la ESTRUCTURA DE LAS TRAMAS del Protocolo.

Modbus permite realizar el control (comunicación y transmisión de datos) de una red de dispositivos electrónicos. Se utiliza para la conexión desde una computadora o unidad de supervisión con una unidad remota (RTU) y/o unidad de control (PLC) en sistemas de supervisión de adquisición de datos (SCADA).

1. MODOS DE TRANSMISION:

Modo ASCII: Se caracteriza porque la trama comienza con el carácter 2 puntos (:), ASCII 5Bh (3A hexa). Cada carácter ocupa 1 Byte. El final de la trama se forma con los caracteres CR(0D hexa) LF(0A hexa). El sistema de numeración es Hexadecimal.

Modo RTU ó Binario: Es más complejo, es una secuencia de unos y ceros binarios en paquetes de 8 bits. El final de la trama se forma con los caracteres CR LF.

Formato de las Tramas en los 2 Modos del Protocolo

FORMATO ASCII

:	N° de SLAVE	FUNCION	DATOS	LRC	CR	LF
---	-------------	---------	-------	-----	----	----

FORMATO RTU ó BINARIO

N° de SLAVE	FUNCION	DATOS	CRC	EOF
-------------	---------	-------	-----	-----

Código ASCII. Código Americano Estandarizado para el Intercambio de Información.

Tabla de códigos ASCII (American Standard Code For Information Interchange) (Código Estándar Americano para el Intercambio de Información).

FACULTAD DE INGENIERIA –UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
ELECTRONICA GENERAL Y APLICADA
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL - INGENIERIA MECATRONICA
CARPETA TRABAJOS PRACTICOS
2022-TP N°11
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MOD BUS.
Estructura Maestro-Esclavo.

Es un código de caracteres basado en el alfabeto latino. Inicialmente se estableció el Código ASCII estándar que luego se mejoró incorporando más información lo que se denominó Código ASCII estándar extendido.

ASCII	Hex	Símbolo	ASCII	Hex	Símbolo	ASCII	Hex	Símbolo	ASCII	Hex	Símbolo
0	0	NUL	16	10	DLE	32	20	(espacio)	48	30	0
1	1	SOH	17	11	DC1	33	21	!	49	31	1
2	2	STX	18	12	DC2	34	22	"	50	32	2
3	3	ETX	19	13	DC3	35	23	#	51	33	3
4	4	EOT	20	14	DC4	36	24	\$	52	34	4
5	5	ENQ	21	15	NAK	37	25	%	53	35	5
6	6	ACK	22	16	SYN	38	26	&	54	36	6
7	7	BEL	23	17	ETB	39	27	'	55	37	7
8	8	BS	24	18	CAN	40	28	(56	38	8
9	9	TAB	25	19	EM	41	29)	57	39	9
10	A	LF	26	1A	SUB	42	2A	*	58	3A	:
11	B	VT	27	1B	ESC	43	2B	+	59	3B	;
12	C	FF	28	1C	FS	44	2C	,	60	3C	<
13	D	CR	29	1D	GS	45	2D	-	61	3D	=
14	E	SO	30	1E	RS	46	2E	.	62	3E	>
15	F	SI	31	1F	US	47	2F	/	63	3F	?

ASCII	Hex	Símbolo	ASCII	Hex	Símbolo	ASCII	Hex	Símbolo	ASCII	Hex	Símbolo
64	40	@	80	50	P	96	60	~	112	70	p
65	41	A	81	51	Q	97	61	a	113	71	q
66	42	B	82	52	R	98	62	b	114	72	r
67	43	C	83	53	S	99	63	c	115	73	s
68	44	D	84	54	T	100	64	d	116	74	t
69	45	E	85	55	U	101	65	e	117	75	u
70	46	F	86	56	V	102	66	f	118	76	v
71	47	G	87	57	W	103	67	g	119	77	w
72	48	H	88	58	X	104	68	h	120	78	x
73	49	I	89	59	Y	105	69	i	121	79	y
74	4A	J	90	5A	Z	106	6A	j	122	7A	z
75	4B	K	91	5B	[107	6B	k	123	7B	{
76	4C	L	92	5C	\	108	6C	l	124	7C	
77	4D	M	93	5D]	109	6D	m	125	7D	}
78	4E	N	94	5E	^	110	6E	n	126	7E	~
79	4F	O	95	5F	_	111	6F	o	127	7F	

Formato Código ASCII Estándar

Fue creado en 1963 por el Comité Estadounidense de Estándares como una evolución de los conjuntos de códigos utilizados en telegrafía.

En 1967, se incluyeron las minúsculas, y se redefinieron algunos códigos de control para formar el código conocido como US-ASCII. El código ASCII utiliza 7 bits para representar los caracteres, aunque inicialmente empleaba un bit adicional (bit de paridad) que se usaba para detectar errores en la transmisión. A menudo se llama incorrectamente ASCII a otros códigos de caracteres de 8 bits, como el estándar ISO- 8859-1 que es una extensión que utiliza 8 bits para proporcionar caracteres adicionales usados en idiomas distintos al inglés, como el español. ASCII fue publicado como estándar por primera vez en 1967 y fue actualizado por última vez en 1986. En la actualidad define códigos para 33 caracteres no imprimibles, de los cuales la mayoría son caracteres de control obsoletos que tienen efecto sobre cómo se procesa el texto, más otros 95 caracteres imprimibles que les siguen en la numeración (empezando por el carácter espacio). Casi todos los sistemas informáticos actuales utilizan el código ASCII para representar textos y para el control de dispositivos que manejan texto como el teclado.

FACULTAD DE INGENIERIA –UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
ELECTRONICA GENERAL Y APLICADA
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL - INGENIERIA MECATRONICA
CARPETA TRABAJOS PRACTICOS
2022-TP N°11
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MOD BUS.
Estructura Maestro-Esclavo.

Código ASCII Extendido

TABLA EXTENDIDA DEL 128 AL 255

128	Ç	144	É	160	á	176	░	193	⌞	209	⌚	225	ß	241	±
129	ü	145	æ	161	í	177	▒	194	⌟	210	⌛	226	Γ	242	≥
130	é	146	Æ	162	ó	178	▓	195	⌠	211	⌜	227	π	243	≤
131	â	147	ô	163	ú	179		196	—	212	⌡	228	Σ	244	∫
132	ä	148	ö	164	ñ	180	⌡	197	⌢	213	⌣	229	σ	245	∫
133	à	149	ò	165	Ñ	181	⌣	198	⌣	214	⌤	230	μ	246	÷
134	â	150	û	166	ª	182	⌤	199	⌤	215	⌥	231	τ	247	≈
135	ç	151	ù	167	º	183	⌥	200	⌥	216	⌦	232	Φ	248	°
136	ê	152	—	168	¿	184	⌦	201	⌦	217	⌧	233	Θ	249	∴
137	ë	153	Ö	169	—	185	⌧	202	⌧	218	⌨	234	Ω	250	∴
138	è	154	Ü	170	¬	186	⌨	203	⌨	219	▀	235	δ	251	√
139	í	156	£	171	½	187	〈	204	〈	220	▀	236	∞	252	—
140	î	157	¥	172	¼	188	〉	205	=	221	▀	237	φ	253	²
141	ï	158	—	173	¡	189	〉	206	〉	222	▀	238	ε	254	■
142	Ä	159	ƒ	174	«	190	⌫	207	⌫	223	▀	239	∩	255	
143	Å	192	Ł	175	»	191	⌬	208	⌬	224	α	240	≡		

2. DETECCION DE ERRORES – CODIGO DE ERROR

El Modo RTU ó Binario emplea el chequeo de redundancia cíclica (CRC).

El Modo ASCII emplea el chequeo de redundancia longitudinal (LRC).

2.1 Chequeo de Redundancia Cíclica (CRC)

El mensaje es considerado (descontando los bits de start/stop, y bits opcionales de paridad) como un número binario continuo, cuyo bit más significativo es transmitido primero.

El mensaje es elevado a la potencia 16 (en técnicas digitales esto es desplazado a la izquierda 16 bits).

Luego es dividido por un polinomio conocido $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$, expresado por el número binario (11000000000000101).

La parte entera del cociente es ignorada. El resto de 16 bits, es agregado al final del mensaje, como dos bytes de CRC.

FACULTAD DE INGENIERIA –UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
ELECTRONICA GENERAL Y APLICADA
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL - INGENIERIA MECATRONICA
CARPETA TRABAJOS PRACTICOS
2022-TP N°11
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MOD BUS.
Estructura Maestro-Esclavo.

2.2 Chequeo de Redundancia Longitudinal (LRC)

En este caso el chequeo de error es un número binario de 8 bits (1 BYTE), representado y transmitido como dos caracteres ASCII hexadecimales.

El Byte de chequeo de error se obtiene convirtiendo a binario los pares de caracteres ASCII, sumándolos sin acarreo, y complementando a dos el resultado.

3. Cálculo de LRC: *En la Práctica, se suman los valores hexadecimales de los Bytes de la trama, comenzando en el Byte después del carácter ":" y hasta el Byte antes del LRC. El resultado de la suma sin acarreo (solo un Byte) se resta respecto de FFh y se suma 01h (hexa). El valor final es un número hexadecimal de 1 Byte (LRC).*

Recordar que: Los caracteres de inicio del mensaje (:), el Byte del código de error (LRC) y los Bytes de fin de trama (CR, LF), deben ser ignorados en el cálculo del código de error.

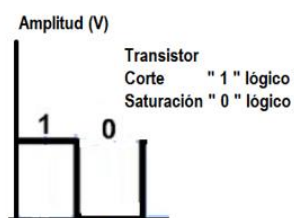
4. FUNCIONES MOD BUS (ALGUNAS DE LAS MAS IMPORTANTES)

FUNCION	DIRECC. BASE	ESPACIO	DESCRIPCION	OBSERV.
01	1 a 256	1 byte	Lectura registro de salidas digitales	
02	10001	1 byte	Lectura ENTRADAS DIGITALES	DI
03	40001....	2 byte	Lectura registro Mantenimiento	
04	30001....	2 byte	Lectura registro ANALOGICOS	AI
05	1 A 256	1 byte	Escritura SALIDAS DIGITALES	DO
06	50001...	2 byte	Escritura Registro ANALOGICO	AO

Nota. Aclaración sobre los tipos de señales que se pueden transmitir en un Protocolo

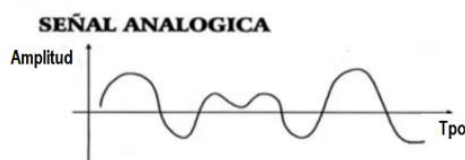
Las señales a transmitir pueden ser de 3 tipos fundamentales

SEÑALES DIGITALES



Digital Input (DI)
Digital Output (DO)

SEÑALES ANALOGICAS



Analog Input (AI)
Analog Output (DO)

SEÑALES DE PULSO



Pulse Input
Pulse Output

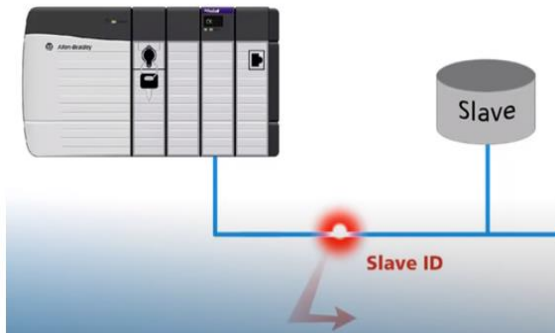
Estas señales, debidamente acondicionadas, se transmiten de equipo a equipo mediante enlace de hardware (puerto de comunicaciones) y un protocolo de comunicación (enlace lógico de información)

En Protocolo ModBus se establece una relación entre equipos del tipo MAESTRO y ESCLAVO. El Master es el encargado de iniciar la comunicación

FACULTAD DE INGENIERIA –UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
ELECTRONICA GENERAL Y APLICADA
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL - INGENIERIA MECATRONICA
CARPETA TRABAJOS PRACTICOS
2022-TP N°11
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MOD BUS.
Estructura Maestro-Esclavo.

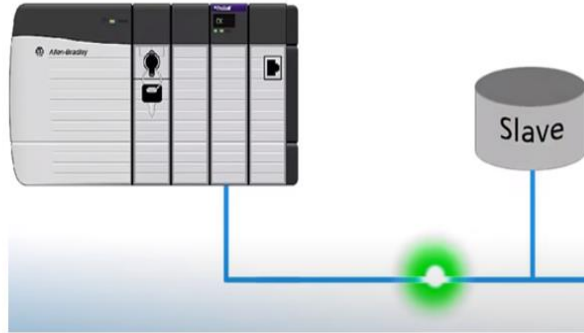
TRAMA DE INTERROGACIÓN (MASTER)

:	N° SLAVE	FUNCION MODBUS	DIR INICIAL	DIR FINAL (LONGITUD)	LRC	CR	LF
---	----------	----------------	-------------	----------------------	-----	----	----

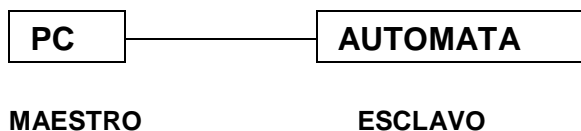


TRAMA DE RESPUESTA (SLAVE)

:	N° SLAVE	FUNCION MODBUS	BYTES / ENVIO	DATOS	LRC	CR	LF
---	----------	----------------	---------------	-------	-----	----	----



5. TRAMA DE INTERROGACIÓN Y DE RESPUESTA. CASO DE APLICACIÓN PROTOCOLO MOD BUS COMUNICACIÓN ENTRE 2 SISTEMAS (MAESTRO – ESCLAVO)



ESTRUCUTRA DE LA TRAMA DE INTERROGACIÓN (MASTER)

:	N° SLAVE	FUNCION MODBUS	DIR INICIAL	DIR FINAL (LONGITUD)	LRC	CR	LF
---	----------	----------------	-------------	----------------------	-----	----	----

ESTRUCTURA DE LA TRAMA DE RESPUESTA (SLAVE)

:	N° SLAVE	FUNCION MODBUS	BYTES / ENVIO	DATOS	LRC	CR	LF
---	----------	----------------	---------------	-------	-----	----	----

Nota. Cada sector de la Trama ocupa 1 Byte (Ej: N° SLAVE ocupa 1 Byte)

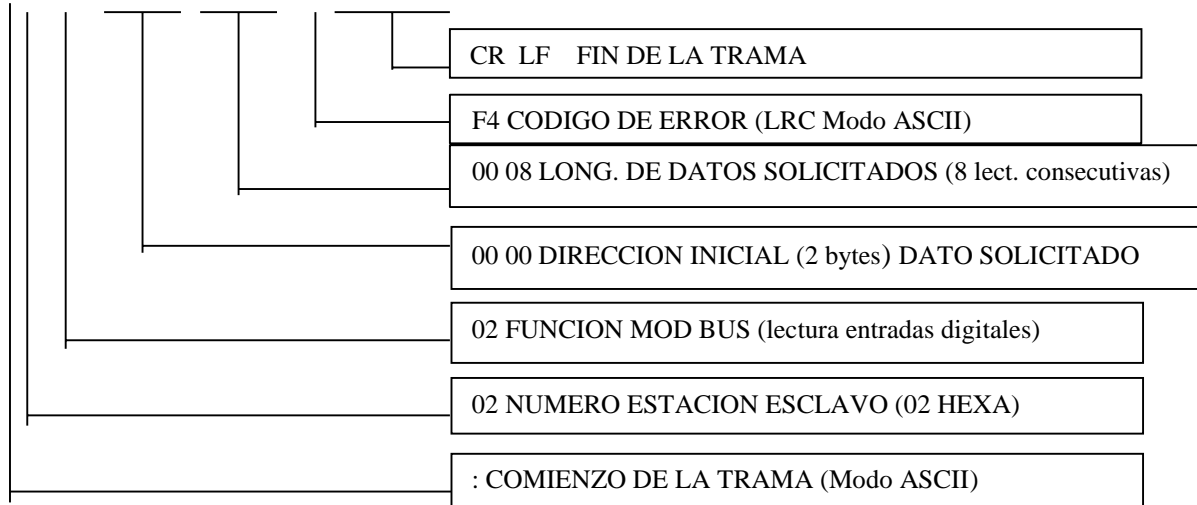
EJEMPLO DE UNA TRAMA DE COMUNICACIÓN EN MODBUS

NUMERO DISPOSITIVO ESCLAVO: 02 hexa. FUNCION MOD BUS: 02 hexa (Entradas digitales) DATO SOLICITADO: 8 entradas digitales (desde dirección 10001 hasta 10008). Recuerde que la dirección 10001 se corresponde con 00 00 en la Trama de interrogación.

FACULTAD DE INGENIERIA –UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
ELECTRONICA GENERAL Y APLICADA
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL - INGENIERIA MECATRONICA
CARPETA TRABAJOS PRACTICOS
2022-TP N°11
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MOD BUS.
Estructura Maestro-Esclavo.

TRAMA DE INTERROGACION (la realiza el Equipo denominado Master)

:02 02 00 00 00 08 F4 CR LF

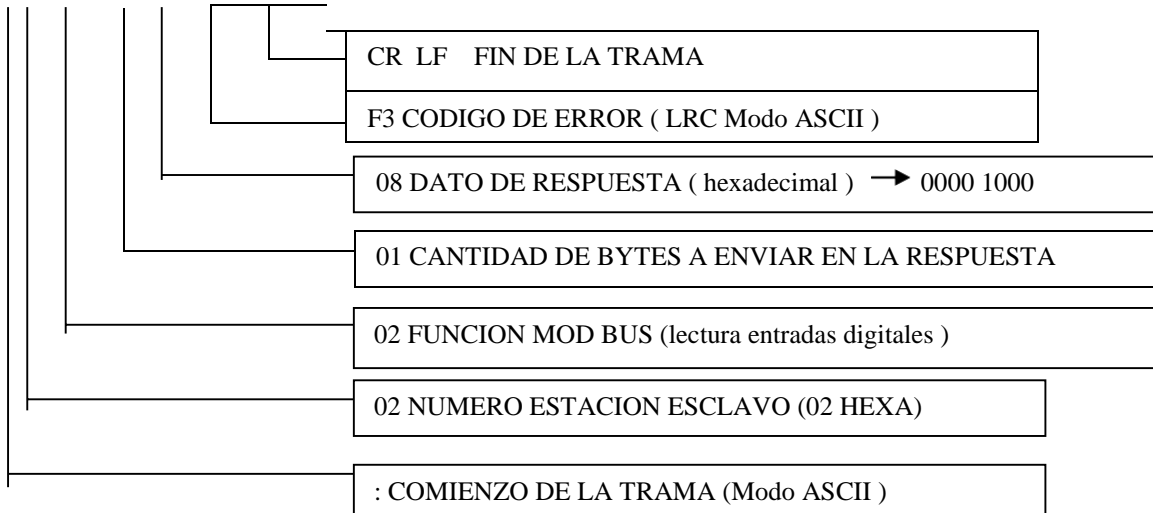


Cálculo LRC:

SUMA 02h+02h+00h+00h+08h= 0C h → FFh- 0Ch =F3h → SUMA F3h+01h= **F4 h**

TRAMA DE RESPUESTA (la realiza el equipo denominado Esclavo)

:02 02 01 08 F3 CR LF



Cálculo LRC:

SUMA 02h+02h+01h+08h= 0D h → FFh- 0Dh =F2h → SUMA F2h+01h= **F3 h**

TRABAJO PRÁCTICO A DESARROLLAR

Punto A.

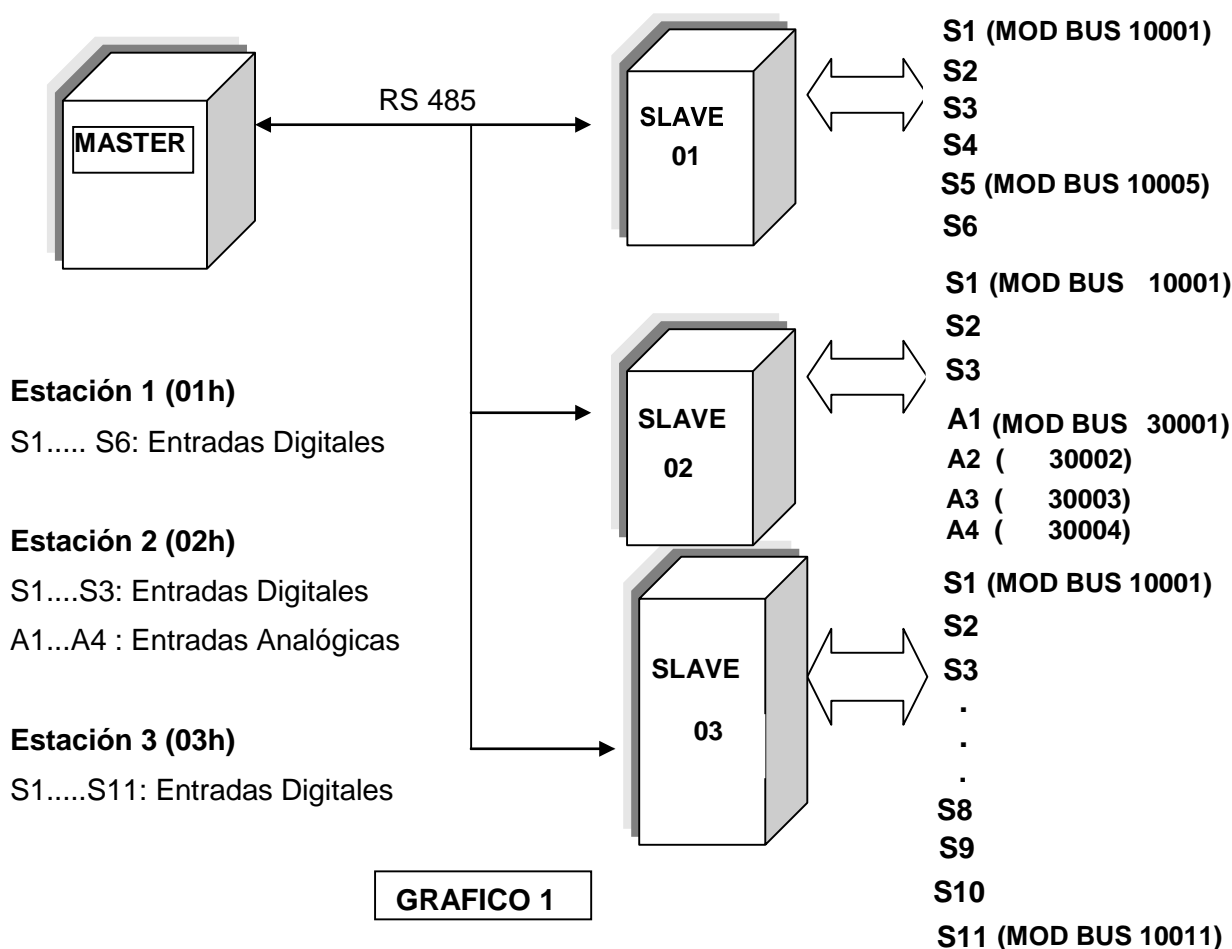
6. EJERCICIOS DE APLICACIÓN

Dado un sistema Maestro-esclavo compuesto por (GRAFICO 1).

1 Estación Maestra y 3 Estaciones Esclavas conectadas en red con enlace RS485.

Se denominan Estación Esclava N°1, N°2 y N°3

El enlace es Maestro-Esclavo mediante Protocolo MOD-BUS ASCII.



VALOR DE LAS SEÑALES DE LAS ESTACIONES o EQUIPOS ESCLAVOS (SLAVE)

El estado y valor de las señales de las Estaciones son:

Estación 01h: S1=0, S2=1, S3=1, S4=1, S5=1, S6=1

Estación 02h: S1=0, S2=1, S3=0; A1= FE; A2=4C; A3=FF; A4= EE

Estación 03h: S1=0,S2=0,S3=0,S4=1,S5=1,S6=1,S7=1,S8=1,S9=0,S10=1,S11=1

NOTA: TODOS LOS VALORES ESTAN EXPRESADOS EN EL SISTEMA HEXADECIMAL

FACULTAD DE INGENIERIA –UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
ELECTRONICA GENERAL Y APLICADA
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL - INGENIERIA MECATRONICA
CARPETA TRABAJOS PRACTICOS
2022-TP N°11
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MOD BUS.
Estructura Maestro-Esclavo.

RESOLVER

7.1 Realizar la trama de Interrogación y de Respuesta para:

7.1 a) Master-----Slave 1, lectura de las entradas digitales S1, S2, S3, S4, S5, S6

7.1 b) Master-----Slave 2, lectura de A1 (resuelto, ver procedimiento).

7.1 c) Master-----Slave 2, Lectura de las entradas analógicas A1, A2

7.1 d) Master-----Slave 2, Lectura de las entradas digitales S1, S2, S3

7.1 e) Master-----Slave 3, Lectura de S1 hasta S11 (lectura de todas las entradas digitales)

7.1 f) Master----- Slave 2, lectura de las entradas analógicas A1, A2, A3, A4.

7.1 g) Master-----Slave 3, lectura de las entradas S1 a S8 inclusive.

7.1 h) Master-----Slave1, lectura de las primeras 4 entradas digitales.

7.1 i) Master-----Slave2, lectura de las analógicas A3 y A4.

Ejemplo. Ejercicio Resuelto para el caso 7.1 b)

7.1 b) Master-----Slave 2, lectura de A1

Trama de Interrogación: **:02 04 00 00 00 01 F9 CR LF** (LRC= F9) trama interrogación

Trama de Respuesta: **:02 04 02 FE 00 FA CR LF** (LRC= FA) trama de respuesta

Cálculo de LRC (Interrogación)= 02+04+01= 07, luego FF-07=F8, finalmente F8+01= F9

Cálculo de LRC (Respuesta)= 02+04+02+FE= 106, luego FF-06=F9, finalmente F9+01= FA

→ (En el cálculo solo se toma el primer Byte de la suma, de 106 solo se toma 06)

Nota: En una lectura analógica (Función ModBus 03 ó 04) el valor de la variable A1 ocupa para el protocolo MODBUS siempre 2 Bytes (ver planilla MODBUS).

Significa que si por ejemplo:

Si A1=FE, el valor en la trama es FE 00 (formato en 2 bytes, Byte de menor peso primero)

Si A1=01 FF, el valor en la trama es FF 01 (formato en 2 Bytes, byte de menor peso primero)

Se transmite primero el Byte más bajo (FF) y luego el más alto (01) para el valor de A1.

Conclusión.

Señales Analógicas: Cuando se transmite la respuesta, cada valor analógico ocupa 2 Bytes.

Señales Digitales: Para los valores digitales, ModBus establece que con 1 BYTE se transmiten 8 valores o estados. Ejemplo, si S1=0, S2=0, S3=1, solo necesitamos 1 BYTE para transmitir los valores de los 3 sensores. Para el ejemplo es 04 hexa, porque (100 binario = 04 h).

FACULTAD DE INGENIERIA –UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
ELECTRONICA GENERAL Y APLICADA
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL - INGENIERIA MECATRONICA
CARPETA TRABAJOS PRACTICOS
2022-TP N°11
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MOD BUS.
Estructura Maestro-Esclavo.

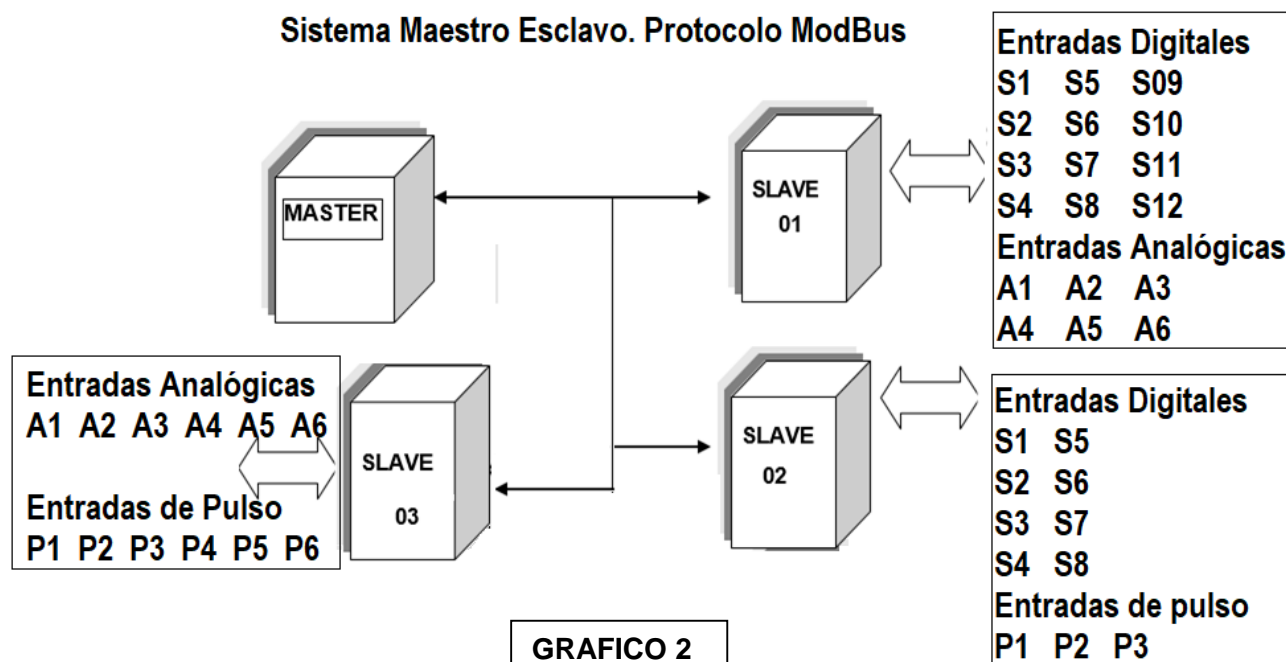
Punto B. EJERCICIOS NO OBLIGATORIOS.

7. EJERCICIOS DE APLICACIÓN NO OBLIGATORIOS (no se presentan)

Sistema Maestro-esclavo compuesto por (GRAFICO 2).

Estación Maestra y 3 Estaciones Esclavas conectadas en red con enlace RS485.

Enlace Maestro-Esclavo mediante Protocolo MOD-BUS ASCII.



Estado y valor de las señales de las Estaciones Esclavas:

Estación 01h: S1=0, S2=1, S3=1, S4=1, S5=1, S6=1, S7=0, S8= 0, S09=1, S10=S11=12=1

Estación 02h: S1=0, S2=1, S3=0, S4=S5=S6= 0, S7=S8=1;
A1= 1E; A2=4C; A3=FF; A4=EE, A5= CC, A6=10;
P1= 1100101010 P2= 101010101111 P3= 11100011

Nota. Las entradas de Pulso se consideran que ingresan al equipo esclavo, se acumulan y almacenan en una variable de tipo Contador que al finalizar el tren de pulsos queda con el valor de todos los pulsos acumulados (sumados)
Ejemplo: P1=1100101010. El Contador que se corresponde con los pulsos de P1, toma el valor Contador1= 32A (hexa) (valor cumulado pulsos de P1)

Estación 03h: A1= EE1F; A2=4C10; A3=FFA; A4=EE2F; A5=11C0; A6=E210
P1= 10110010 P2= 1011001 P3= 110101111
P4= 11011111 P5= 111101000011 P6= 10110101010101

FACULTAD DE INGENIERIA –UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
ELECTRONICA GENERAL Y APLICADA
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL - INGENIERIA MECATRONICA
CARPETA TRABAJOS PRACTICOS
2022-TP N°11
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MOD BUS.
Estructura Maestro-Esclavo.

RESOLVER (son opcionales)

Realizar la trama de Interrogación y Respuesta para:

8.A Master-----Slave 01, lectura de las entradas digitales S1, S2, S3, S4, S5, S6,S7,S8

8.B Master-----Slave 02, lectura de las entradas de pulso P1, P2

8.C Master-----Slave 02, lectura de la entrada de pulso P3

8.D Master-----Slave 02, lectura de las entradas digitales S1, S2, S3, S4, S5, S6

8.E Master-----Slave 03, lectura de las entradas de pulso P1, P2, P3 , P5, P6

8.F Master-----Slave 03, lectura de las entradas analógicas A1, A2, A3, A4, A5, A6

8.G Master-----Slave 01, lectura de las entradas analógicas A3, A6

8.H Master-----Slave 01, lectura de las entradas digitales S1, S2, S3, S4, S5, S8, S9, S10

8.I Master-----Slave 02, lectura de las entradas de pulso P1, P2, P3

RESUMEN DE LA ACTIVIDAD

Realice todos los ejercicios indicados en el punto A.

Presente un informe grupal con los resultados. (Use el Modelo de Presentación)

Indique en cada hoja del informe el mismo “encabezado” que el utilizado en este trabajo.

En el pie de página indique los nombres completos, legajo y carrera del grupo de trabajo.

Adjuntar el informe y enviar.

No olvide incorporar el trabajo completo en la carpeta de trabajos prácticos.