

Apéndice A

Símbolos neumáticos


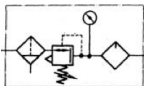
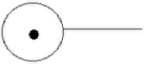
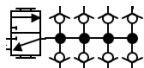
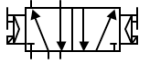
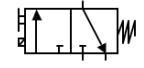
Símbolo	Nombre
	Pistón de doble efecto
	Unidad de mantenimiento
	Unidad de mantenimiento (simplificada)
	Bloque distribuidor
	Electroválvula 5/2
	Electroválvula 3/2

Tabla A.1: Símbolos neumáticos

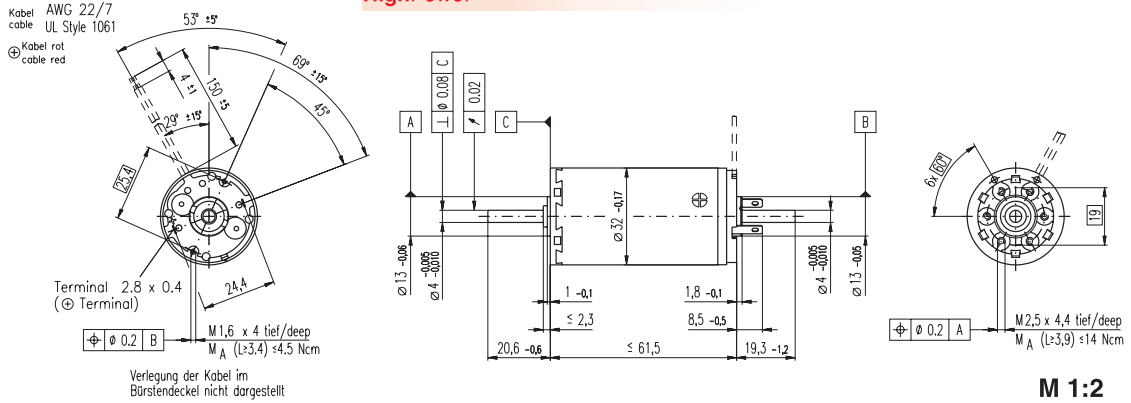
Apéndice B

Hojas de datos de los motores

maxon A-max

A-max 32 Ø32 mm, Graphite Brushes, 20 Watt

HighPower



M 1:2

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

Order Number

with terminals	236666	236667	236668	236669	236670	236671	236672
with cables	353236	353237	301030	353239	353240	353241	353242

Motor Data

Values at nominal voltage		6.0	9.0	12.0	24.0	30.0	36.0	42.0
1	Nominal voltage	V						
2	No load speed	4850	4980	4660	6460	6160	5850	5650
3	No load current	122	83.8	58.0	42.7	32.2	25.2	20.7
4	Nominal speed	3140	3350	3100	5020	4710	4420	4200
5	Nominal torque (max. continuous torque)	38.4	40.0	42.1	44.4	44.4	45.0	44.7
6	Nominal current (max. continuous current)	3.43	2.43	1.79	1.30	0.994	0.796	0.655
7	Stall torque	120	129	131	205	193	186	177
8	Starting current	10.4	7.62	5.39	5.81	4.18	3.19	2.51
9	Max. efficiency	77	79	80	83	83	83	83
Characteristics		0.577	1.18	2.23	4.13	7.17	11.3	16.7
10	Terminal resistance	Ω						
11	Terminal inductance	0.0601	0.129	0.264	0.555	0.953	1.52	2.22
12	Torque constant	11.6	17.0	24.3	35.2	46.1	58.2	70.4
13	Speed constant	825	562	394	271	207	164	136
14	Speed / torque gradient	41.1	39.1	36.1	31.9	32.2	31.8	32.3
15	Mechanical time constant	18.9	16.6	15.7	15.0	14.8	14.8	14.7
16	Rotor inertia	43.9	40.6	41.4	45.0	44.0	44.4	43.6

Specifications

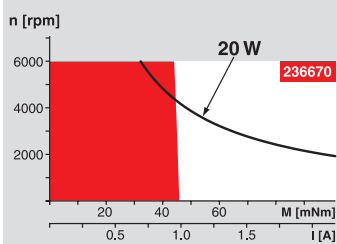
Thermal data		7.5 K / W
17	Thermal resistance housing-ambient	
18	Thermal resistance winding-housing	2.1 K / W
19	Thermal time constant winding	17.7 s
20	Thermal time constant motor	900 s
21	Ambient temperature	-20 ... +85°C
22	Max. permissible winding temperature	+125°C
Mechanical data (ball bearings)		6000 rpm
23	Max. permissible speed	
24	Axial play	0.12 - 0.22 mm
25	Radial play	0.025 mm
26	Max. axial load (dynamic)	7.6 N
27	Max. force for press fits (static) (static, shaft supported)	110 N
28	Max. radial loading, 5 mm from flange	2000 N
		32 N
Mechanical data (sleeve bearings)		6000 rpm
23	Max. permissible speed	
24	Axial play	0.12 - 0.22 mm
25	Radial play	0.012 mm
26	Max. axial load (dynamic)	5.0 N
27	Max. force for press fits (static) (static, shaft supported)	110 N
28	Max. radial loading, 5 mm from flange	2000 N
		10.5 N
Other specifications		1
29	Number of pole pairs	
30	Number of commutator segments	13
31	Weight of motor	240 g

Values listed in the table are nominal. Explanation of the figures on page 49.

Option

Sleeve bearings in place of ball bearings

Operating Range



Comments

Continuous operation
In observation of above listed thermal resistance (lines 17 and 18) the maximum permissible winding temperature will be reached during continuous operation at 25°C ambient. = Thermal limit.

Short term operation
The motor may be briefly overloaded (recurring).

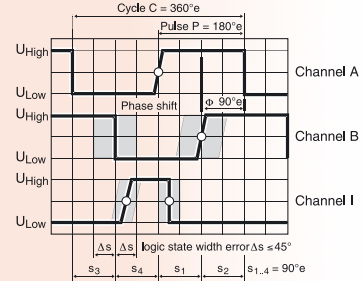
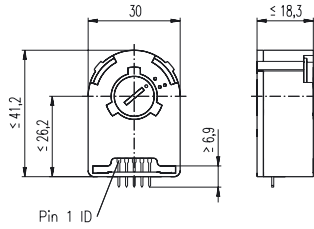
— Assigned power rating

maxon Modular System

Overview on page 16 - 21

Planetary Gearhead Ø32 mm 0.75 - 4.5 Nm Page 239		Encoder MR 256 - 1024 CPT, 3 channels Page 259
Planetary Gearhead Ø32 mm 1.0 - 6.0 Nm Page 241		Encoder HEDS 5540 500 CPT, 3 channels Page 263
Spur Gearhead Ø38 mm 0.1 - 0.6 Nm Page 243		Encoder HEDL 5540 500 CPT, 3 channels Page 265
Recommended Electronics: LSC 30/2 Page 276 ADS 50/5 276 ADS_E 50/5 277 EPOS 24/5 294 EPOS2 50/5 295 EPOS P 24/5 297 Notes 18		

Encoder HEDS 5540, 500 Counts per turn, 3 Channels



maxon tachometer

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request!)

Order Number

110511	110513	110515
--------	--------	--------

Type

Counts per turn	500	500	500
Number of channels	3	3	3
Max. operating frequency (kHz)	100	100	100
Shaft diameter (mm)	3	4	6



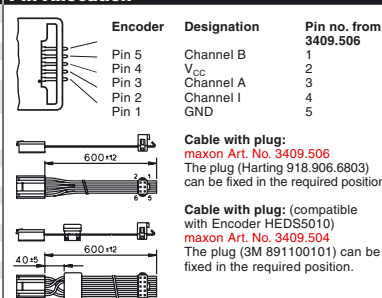
Combination

+ Motor	Page	+ Gearhead	Page	+ Brake	Page	Overall length [mm] / • see: + Gearhead
F 2260, 40 W	95					111.9
F 2260, 40 W	95	GP 62, 8.0 - 50 Nm	229			•
F 2260, 80 W	96					147.4
F 2260, 80 W	96	GP 62, 8.0 - 50 Nm	229			•
A-max 26	114-120					63.5
A-max 26	114-120	GP 26, 0.5 - 2.0 Nm	216			•
A-max 26	114-120	GS 30, 0.07 - 0.2 Nm	217			•
A-max 26	114-120	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	218/221			•
A-max 26	114-120	GP 32, 0.4 - 2.0 Nm	222			•
A-max 26	114-120	GS 38, 0.1 - 0.6 Nm	223			•
A-max 32	122/124					82.3
A-max 32	122/124	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	219/221			•
A-max 32	122/124	GS 38, 0.1 - 0.6 Nm	223			•
EC 32, 80 W	159					78.4
EC 32, 80 W	159	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	219/221			•
EC 40, 120 W	160					88.4
EC 40, 120 W	160	GP 42, 3.0 - 15 Nm	224			•
EC 40, 120 W	160	GP 52, 4.0 - 30 Nm	227			•

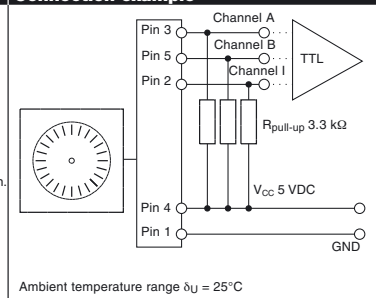
Technical Data

Supply voltage	5 V ± 10 %
Output signal	TTL compatible
Phase shift Φ (nominal)	90°e
Logic state width s	min. 45°e
Signal rise time (typical at C _L = 25 pF, R _L = 2.7 kΩ, 25°C)	180 ns
Signal fall time (typical at C _L = 25 pF, R _L = 2.7 kΩ, 25°C)	40 ns
Index pulse width (nominal)	90°e
Operating temperature range	-40 ... +100°C
Moment of inertia of code wheel	≤ 0.6 gcm ²
Max. angular acceleration	250 000 rad s ⁻²
Output current per channel	min. -1 mA, max. 5 mA

Pin Allocation

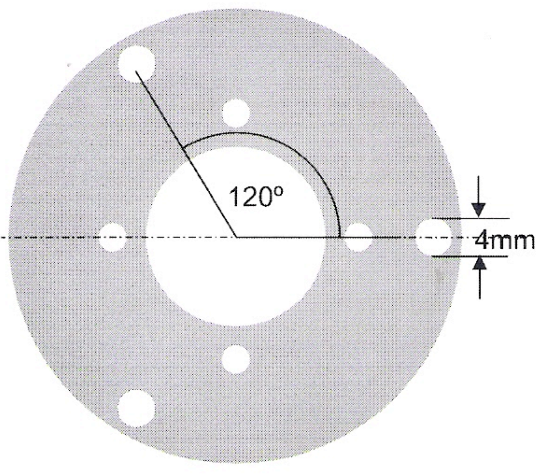
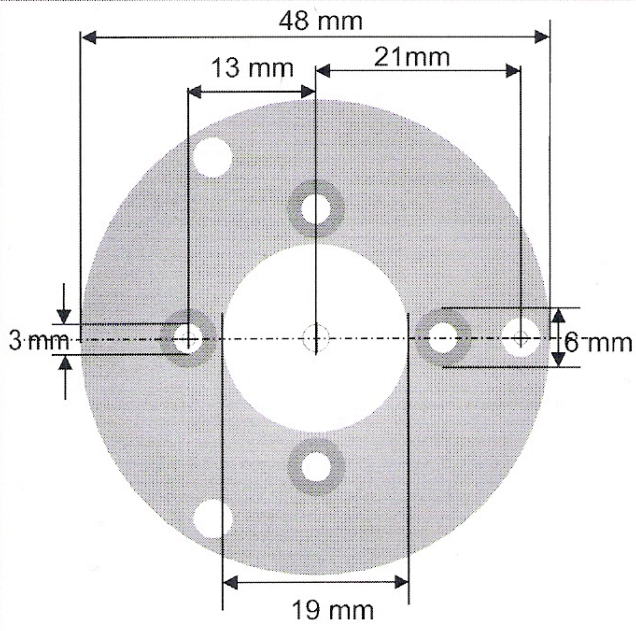


Connection example

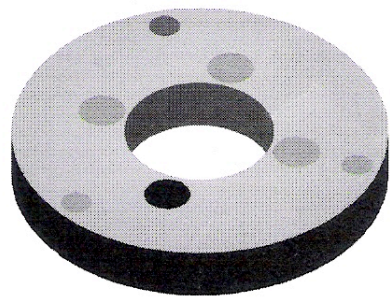


Apéndice C

Esquemas de las piezas para el robot



Perspectiva:

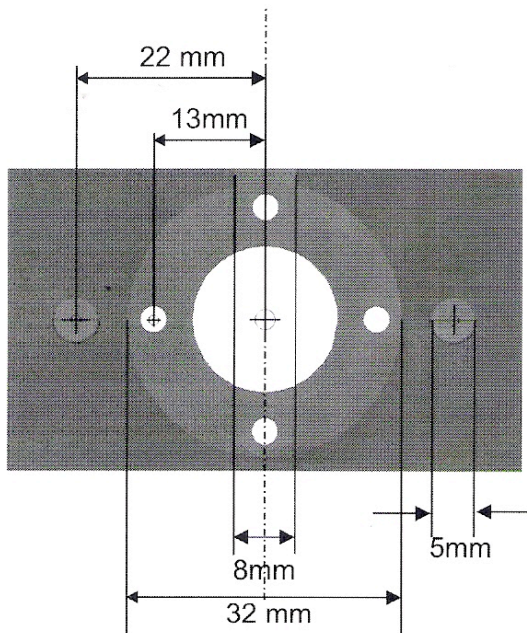
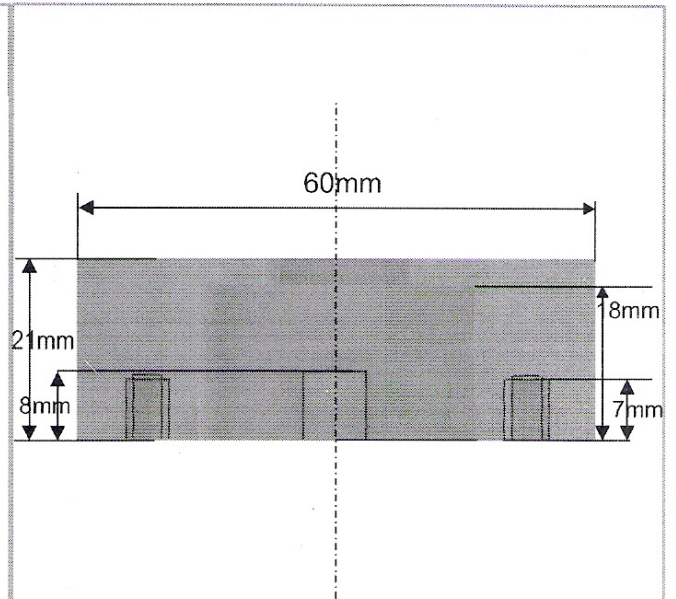
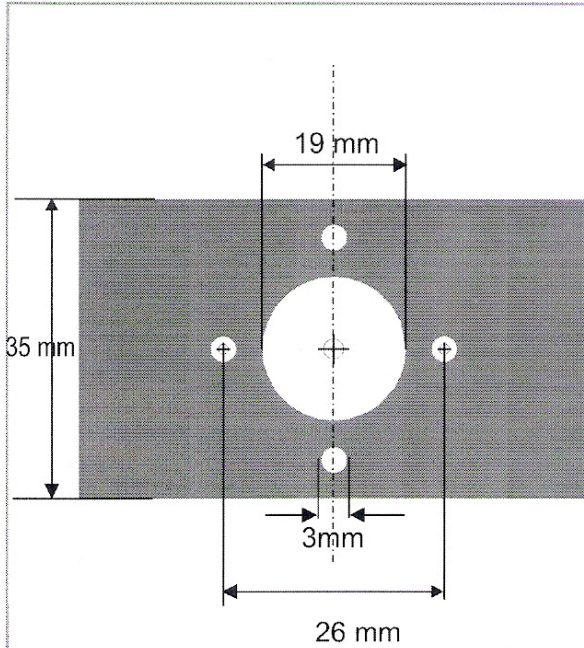


Notas:

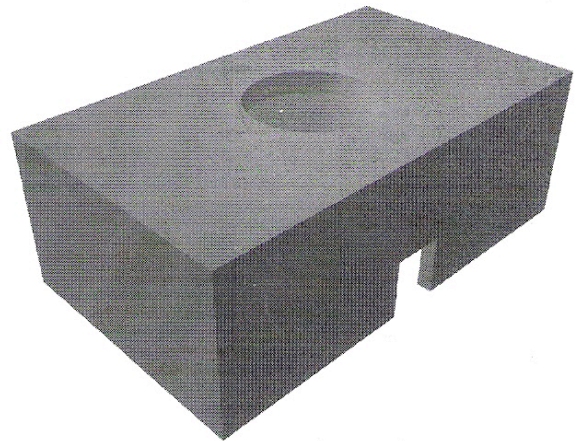
ENSAMBLE MOTORES ROBOT TP801

FACULTAD INGENIERÍA UNAM	
Laboratorio:	ROBÓTICA
Autor:	J. Daniel Castro Díaz
Fecha:	24/Febrero/2010
Pieza:	Soporte Base
Unidades:	Milímetros





Perspectiva:



Notas:

Elaborar 2 piezas

ENSAMBLE MOTORES ROBOT TP801

FACULTAD INGENIERÍA UNAM

Laboratorio: Robótica

Autor: J. Daniel Castro Diaz

Fecha: 24/Febrero/2010

Pieza: Base Motor

Unidades: Milímetros



Apéndice D

Descripción del programa diseñado en LabVIEW

D.1. Arquitectura Real-Time

El programa diseñado para el robot TP-801 utiliza la arquitectura mostrada en la Figura D.1 en donde el dispositivo FPGA está trabajando dentro de un sistema en Tiempo Real (Real-Time). Este sistema es típicamente un controlador CompactRIO. Esta arquitectura utiliza los siguientes VI's:

- VI FPGA—Se ejecuta en el dispositivo FPGA del CompactRIO.
- VI Real-Time—Se ejecuta en un procesador dedicado corriendo en un sistema operativo en tiempo real y añade determinismo, procesamiento en punto flotante y algoritmos de control al sistema.
- VI Host—Se ejecuta en la PC host y contiene la interfaz de usuario para el sistema en tiempo real.

Esta arquitectura tiene la ventaja de que todo el procesamiento se realiza en el CompactRIO, de esta manera todos los recursos de su procesador se ocupan en la aplicación del robot a diferencia de que si se realizara en la PC.

El programa implementado es un proyecto de LabVIEW bajo la arquitectura anterior, guardado con la extensión .lvproj. Una vez configurado el CompactRIO, con la ayuda del programa NI Measurement and Automation Explorer (MAX), y conectado mediante cable Ethernet a la computadora se debe agregar al proyecto en “Targets and devices”. A su vez, se debe de agregar su dispositivo FPGA y, una vez insertadas las tarjetas NI 9505 y NI 9474, éstas son detectadas automáticamente y agregadas también al proyecto. Todos los dispositivos utilizados deben de estar incluidos si se quiere un correcto funcionamiento del programa

A continuación se da una descripción de cada uno de los VI's involucrados.

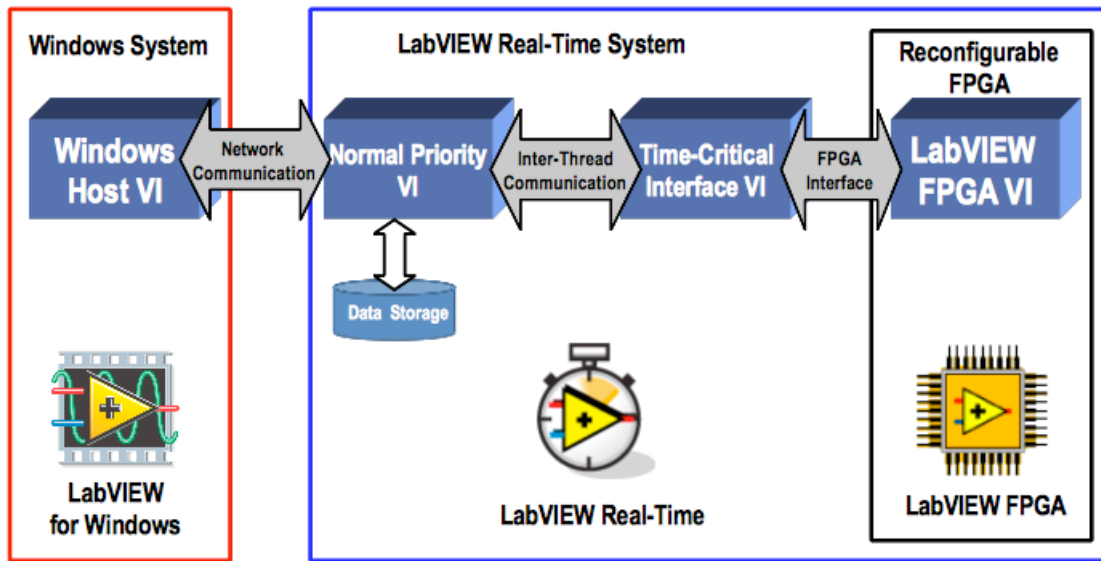


Figura D.1: Arquitectura de LabVIEW para Real-Time (obtenida de [13])

D.2. VI en el FPGA

El programa alojado en el FPGA se encarga de adquirir los datos provenientes de los encoders del robot y generar los correspondientes que mueven al robot. Su estructura principal es una Estructura de Secuencia (Flat Sequence) con tres recuadros. En el primero se habilitan los módulos mediante los nodos de método mostrados en la Figura D.2.

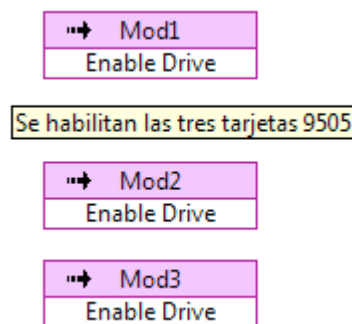


Figura D.2: Habilitación de las tarjetas NI 9505

De la misma manera, en el último recuadro se colocan los nodos que desactivarán a los módulos NI 9505 como se puede apreciar en la Figura D.3.

El más importante es el segundo recuadro de la secuencia y es en donde se adquieren y generan todos los datos involucrados en el programa del robot. En las figuras D.4 y D.5 se

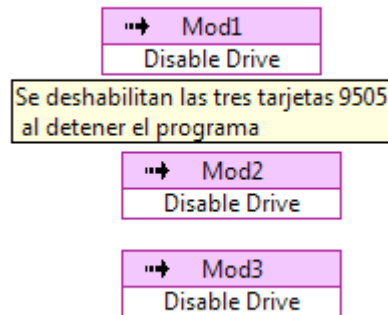


Figura D.3: Deshabilitación de las tarjetas NI 9505

muestra el código de adquisición y generación correspondiente a la segunda articulación. Para la primera y tercera son exactamente los mismos pero se cambia el nombre de los indicadores que muestran el número de cuentas de los encoders y el de los controles que generan la señal de control respectivamente.

También se incluye en esta diapositiva el código que activa la pinza como se puede apreciar en la Figura D.6.

La parte más destacada del FPGA es su paralelismo. Es decir, su estructura física permite que se trabajen simultáneamente varias tareas. En este caso ya que se tiene tres motores, cada uno con un lazo de adquisición y otro de generación, el FPGA garantiza que los seis lazos se ejecuten al mismo tiempo, lo que no ocurriría al trabajar con otro hardware.

D.3. VI en el CompactRIO

Para un correcto funcionamiento en tiempo real fue necesario utilizar el bucle Timed Loop. Con él tenemos un mayor control sobre la ejecución del programa. Es similar al bucle While pero envuelto en un contorno azul y con un nodo de entrada y otro de salida (véase Figura D.7). Los parámetros que se modificaron en el nodo de entrada fueron el Tiempo Fuente y el Periodo indicados por un pequeño reloj y la marca *dt*. Sus características son las siguientes:

- Tiempo Fuente— Determina cada cuando el Timed Loop ejecuta una iteración. Por defecto usa el reloj de 1 kHz del sistema operativo (Windows, por ejemplo) como la fuente de tiempo, ejecutandose solamente cada 1 ms. En este caso, como se cuenta con el CompactRIO, se pudo elevar el Tiempo Fuente a su reloj de 1 MHz pudiendo trabajar con un tiempo de ejecución de 1 μ s.

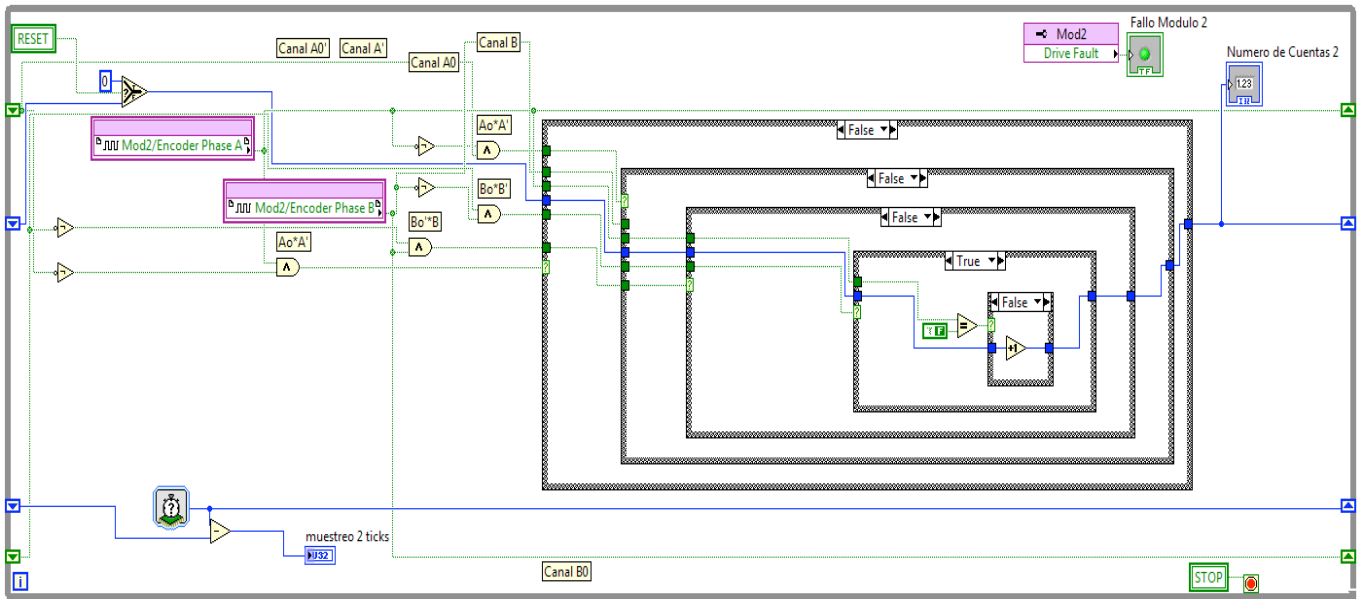


Figura D.4: Adquisición de datos en el FPGA

- Período—El periodo es la cantidad de tiempo entre ejecuciones de bucle. El Tiempo Fuente determina la unidad de tiempo del periodo. En este caso se utilizó 1500 μs .

Lo primero que hay que hacer es incluir al CompactRIO en el VI. Ésto se hace por medio de la referencia que se muestra en la Figura D.7 fuera del bucle y que reza “FPGA Target RIO”.

D.3.1. Lectura de datos

El VI en el FPGA se comunica directamente con el CompactRIO mediante los Controles de Lectura/Escritura. Uno se puede ver en la Figura D.7 y de él se obtienen el Número de Cuentas i , con $i = 1, 2, 3$. En seguida estos datos entran al subVI en donde se convierten a grados y a centímetros para poder utilizadas en el programa.

D.3.2. VI de conversión a grados y a centímetros

En seguida del Control de Lectura/Escritura viene el subVI mostrado en la Figura D.7. Las operaciones mostradas en la Figura D.8 siguen las correspondientes ya mostradas en la Sección 4.6.1 del Capítulo 4.

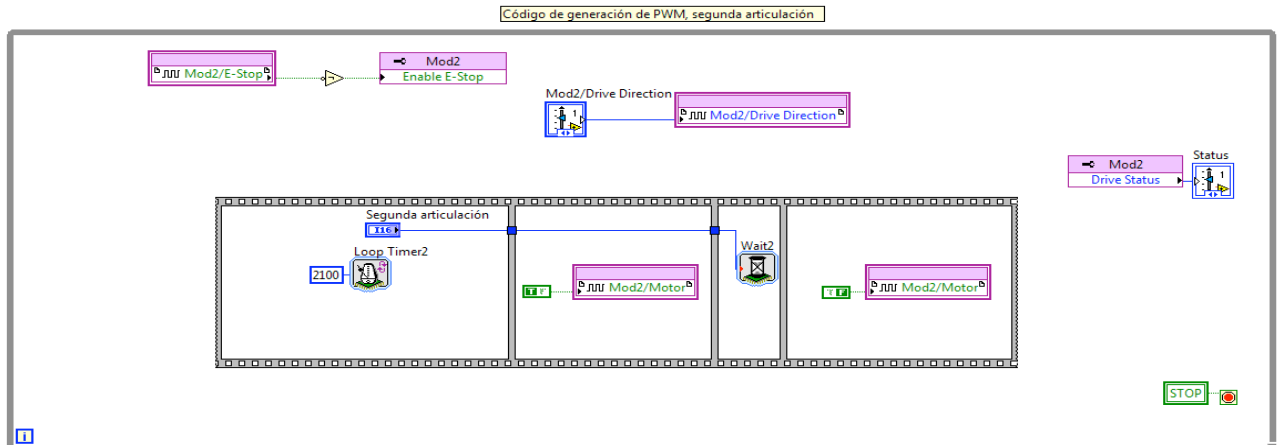


Figura D.5: Generación de datos en el FPGA

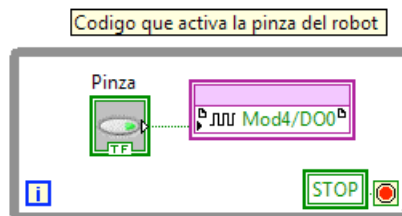


Figura D.6: Generación de la señal que activa la pinza

D.3.3. VI de finales de carrera

La protección por software del robot se encuentra en el subVI que aparece en seguida del VI de conversión de datos. Su código se muestra en la Figura D.9. Si el robot alcanza cualquiera de esos datos en sus articulaciones, partiendo de la posición de *Home*, se detendrá de inmediato evitando así el daño a sus motores.

D.3.4. Código principal de la aplicación

Una vez procesados los datos obtenemos q_1 , q_2 y q_3 que son las variables articulares del robot. Éstas entran a un nodo de fórmula como se muestra en la Figura D.10. Todos los datos necesarios para el controlador tales como las ganancias o las dimensiones del robot entran también en ella mediante controles.

Como se dijo en la Sección 4.8.3 del Capítulo 4.8, para generar la trayectoria del robot sólo hace falta indicar la posición inicial y q_i y la posición final q_f de cada articulación a donde se requiere que llegue la pinza del robot. Ésto se ve programado para $t \in [0, 25)$ y $t \in [25, 55)$ también en la Figura D.10.

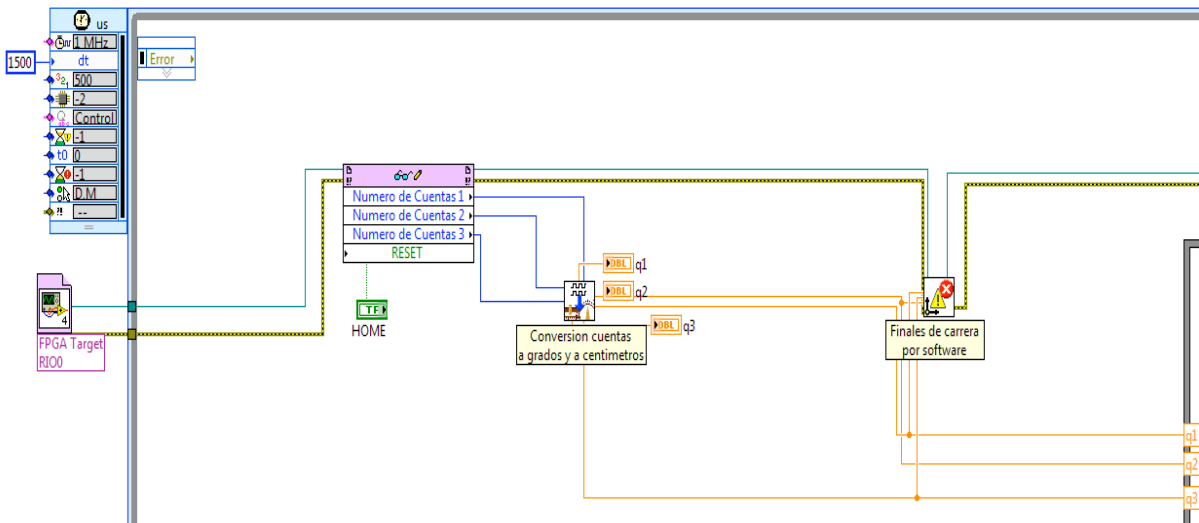


Figura D.7: Inicio del programa

Después de toda la programación de trayectorias viene la programación de los polinomios, de la cinemática inversa y de los algoritmos de control PID para cada una de las articulaciones como se muestra en la Figura D.11. Cabe mencionar que ya que se utilizó solamente un control PD la ganancia integral se fija en 0 por medio del control correspondiente.

Se utiliza otro Nodo de Fórmula que se comunica mediante variables locales con el primero para calcular los coeficientes a_1 a a_5 de los polinomios tal como se muestra en la Figura D.12.

Se decidió utilizar Nodos de Fórmula ya que la mayoría de los algoritmos de control son más fáciles de programar en lenguaje estructurado además de que su compatibilidad con otros algoritmos es mucho mayor que los que están programados en lenguaje gráfico.

D.3.5. VI de amplificación y de saturación

La salida del Nodo de Formula se muestra en la Figura D.13. Ahí se tiene un subVI muy importante que amplifica la señal de control y la satura de ser necesario. El código de ese subVI se muestra en la Figura D.14

También se aprovecha este VI para controlar el sentido de giro de los motores mediante una estructura de casos. Si alguna de las q deseadas son mayor a las q leídas cambia el sentido de giro del motor y viceversa tal como se explicó en la Sección 4.6.3 del Capítulo 4.

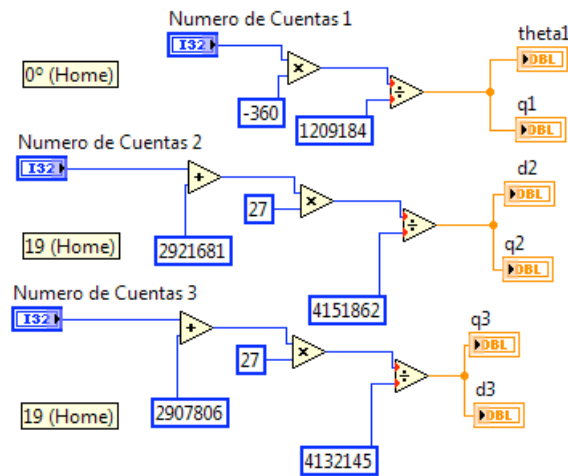


Figura D.8: Conversión de datos

D.3.6. VI de modo manual

Se agrega un VI de modo manual para cualquier eventualidad. Ésto solo se hace bloqueando la salida del algoritmo de control y colocando controles en su lugar. El código puede verse en la Figura D.15 y dichos controles en la Figura D.17.

D.3.7. Escritura de datos

Utilizando otro Control de Lectura/Escritura, se manda las señales de control al FPGA y éste a su vez al módulo NI 9505 que las hará llegar a los motores. Esta parte de código de aprecia en la Figura D.16.

Finalmente se cierra la referencia del CompactRIO por medio del bloque que encuentra del lado derecho fuera de la Timed Loop (véase Figura D.16).

D.4. VI Host

El panel frontal del VI Host es en donde se muestran todos los datos de la aplicación y desde donde se controla la misma. Está alojado en la PC y funge como interfaz de usuario. Cuenta con los controles necesarios para generar un control PID, los indicadores que muestran los valores deseados y los valores leídos para cada una de las articulaciones así como los que muestran el tiempo que ha transcurrido y el tiempo de muestreo. También un LED que nos indica si está accionada la pinza y todo lo necesario para mover el robot de forma manual. Este panel se muestra en la Figura D.17.

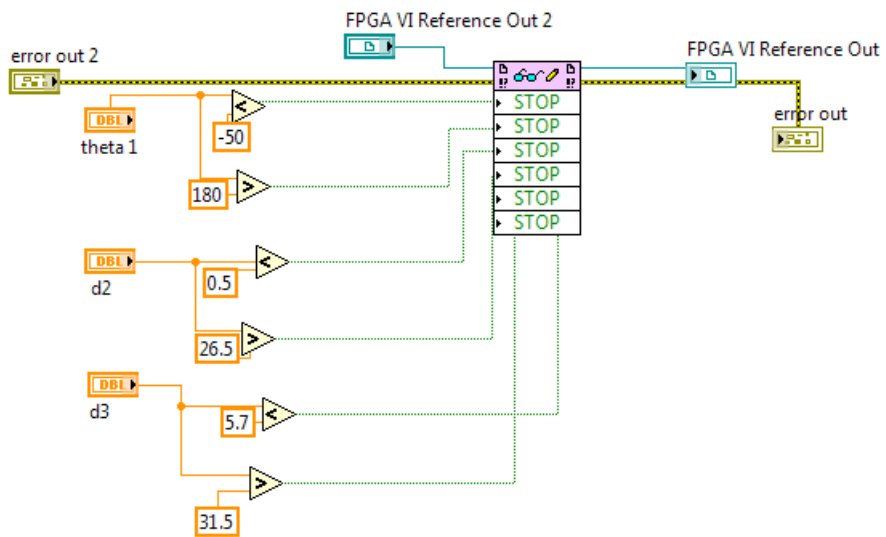


Figura D.9: Finales de carrera por software

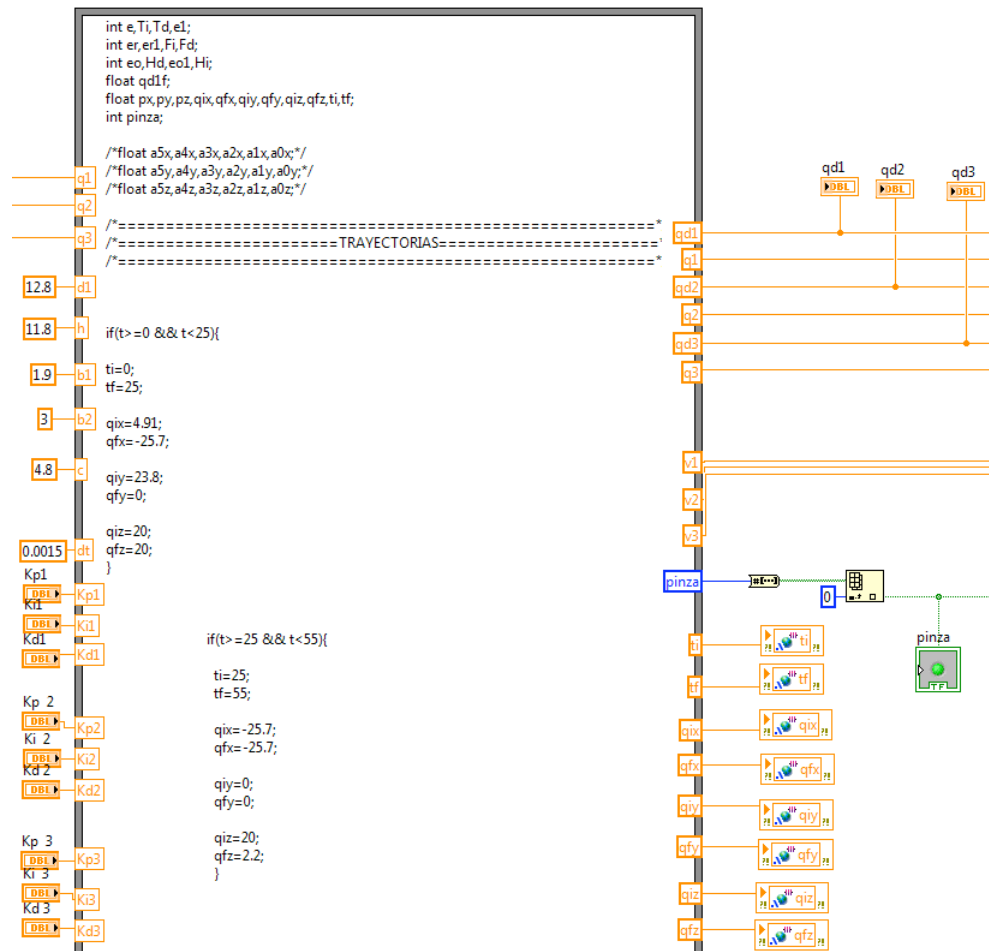


Figura D.10: Entrada de datos al Nodo de Fórmula

```

px= a0x+a1x*t+ a2x*(t**2)+ a3x*(t**3)+ a4x*(t**4)+ a5x*(t**5);
py= a0y+a1y*t+ a2y*(t**2)+ a3y*(t**3)+ a4y*(t**4)+ a5y*(t**5);
pz= a0z+a1z*t+ a2z*(t**2)+ a3z*(t**3)+ a4z*(t**4)+ a5z*(t**5);

/*===== CINEMATICA INVERSA=====

qd1f= atan2(py,px)-acos((b1+ b2)/(sqrt(px**2+ py**2)));

    qd1= qd1f*(180/pi);

qd2= pz- d1+ h;

qd3= sqrt(px**2+ py**2)-(b1+ b2)**2)- c;

//qd1f= atan2(py,px)- atan2(qd3, b1+ b2);

if(qd1 <= -50){
qd1= qd1+ 360;
}

/*===== ALGORITMO DE CONTROL=====

/*Control P para la primera articulación*/

e= qd1- q1;
Td= (e- e1)/dt;
e1= e;
Ti= Ti + 0.005*e;
v1= Kp1*e+ Ki1*Ti+ Kd1*Td;

/*Control P para la segunda articulación*/

er= qd2- q2;
Fd= (er- er1)/dt;
er1= er;
Fi= Fi+ 0.005*er;
v2= Kp2*er+ Ki2*Fi+ Kd2*Fd;

/*Control P para la tercera articulación*/

eo= qd3- q3;
Hd= (eo- eo1)/dt;
eo1= eo;
Hi= Hi+ 0.005*eo;
v3= Kp3*eo+ Ki3*Hi+ Kd3*Hd;

```

Figura D.11: Polinomios y algoritmo de control

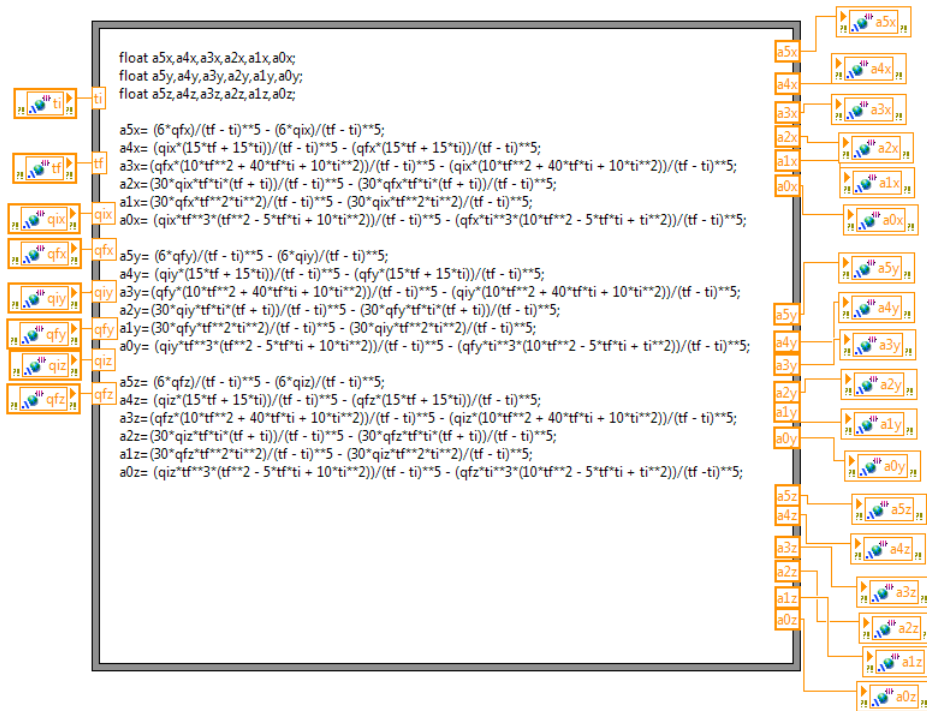


Figura D.12: Cálculo de los coeficientes a_1 a a_5

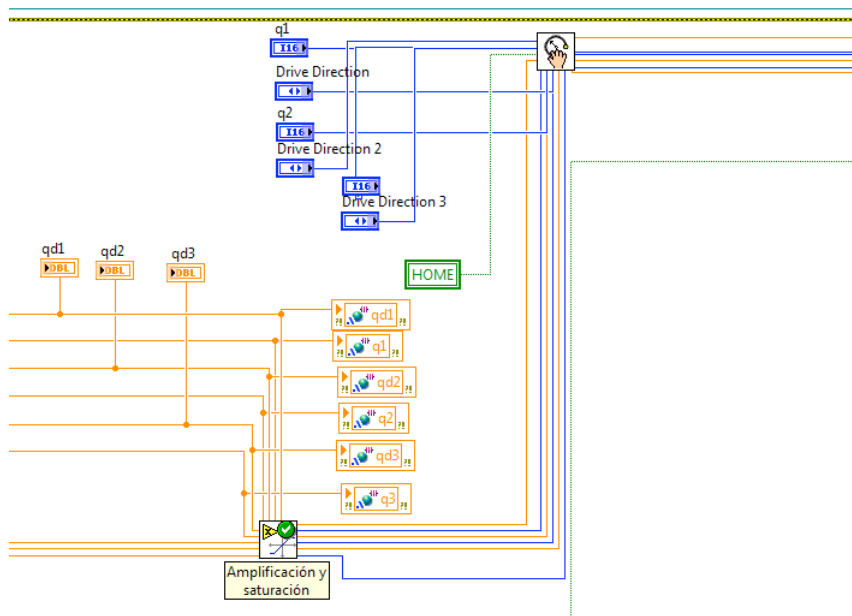


Figura D.13: Salida del Nodo de Formula

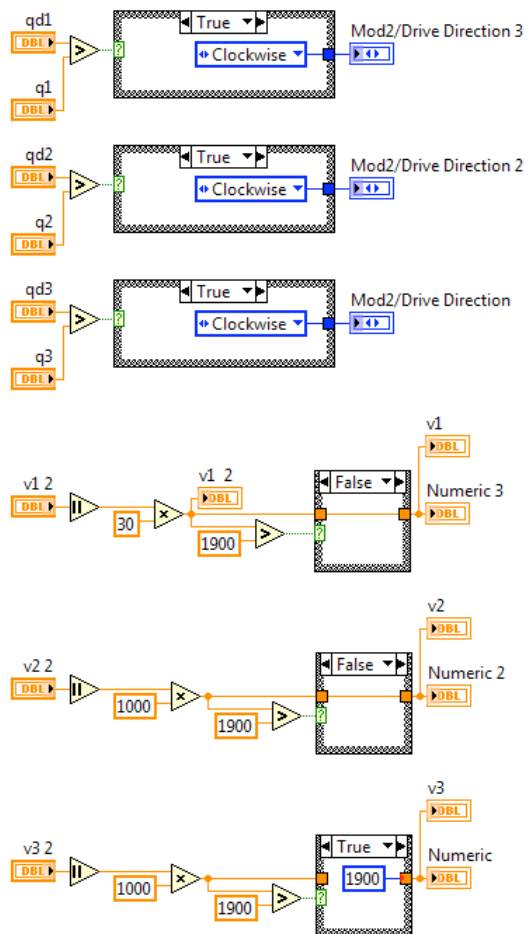


Figura D.14: Sentido de giro de los motores y amplificación y saturación de la señal de control

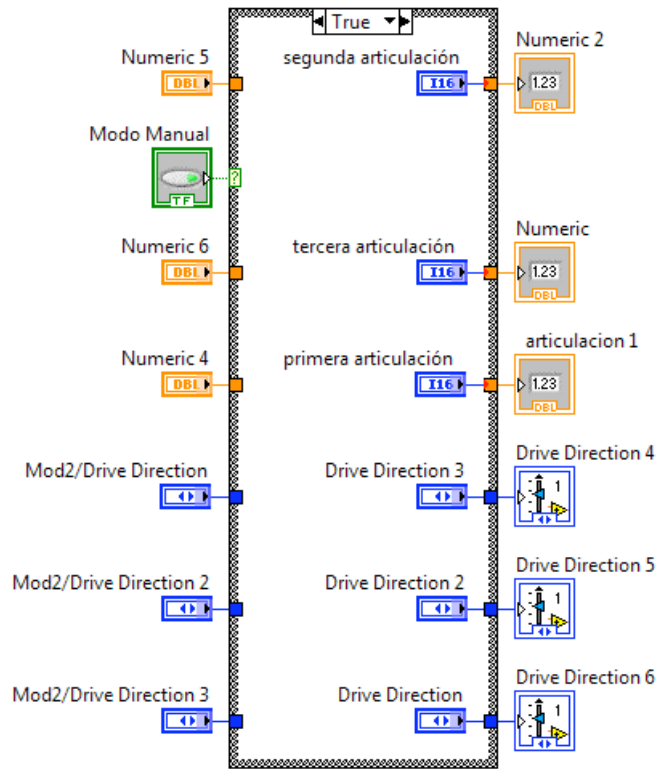


Figura D.15: Modo Manual

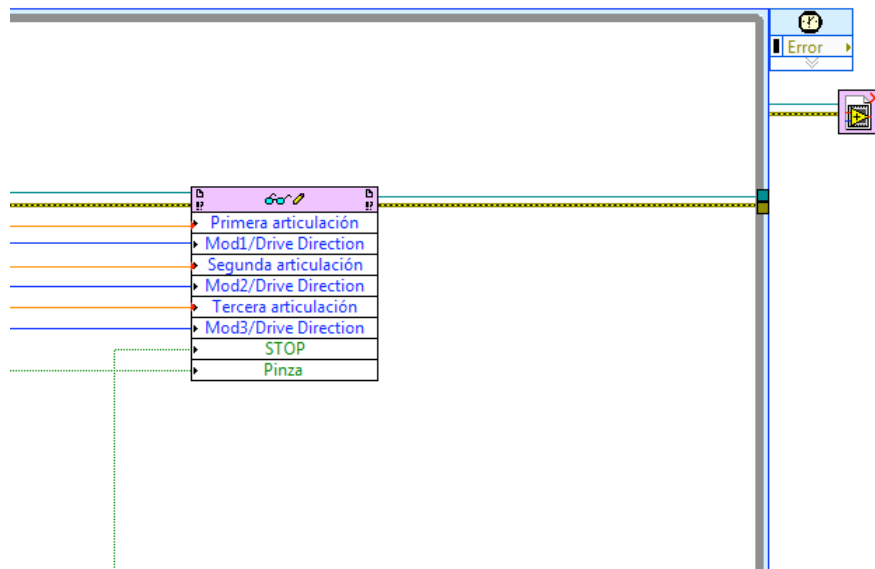


Figura D.16: Escritura de datos hacia el FPGA

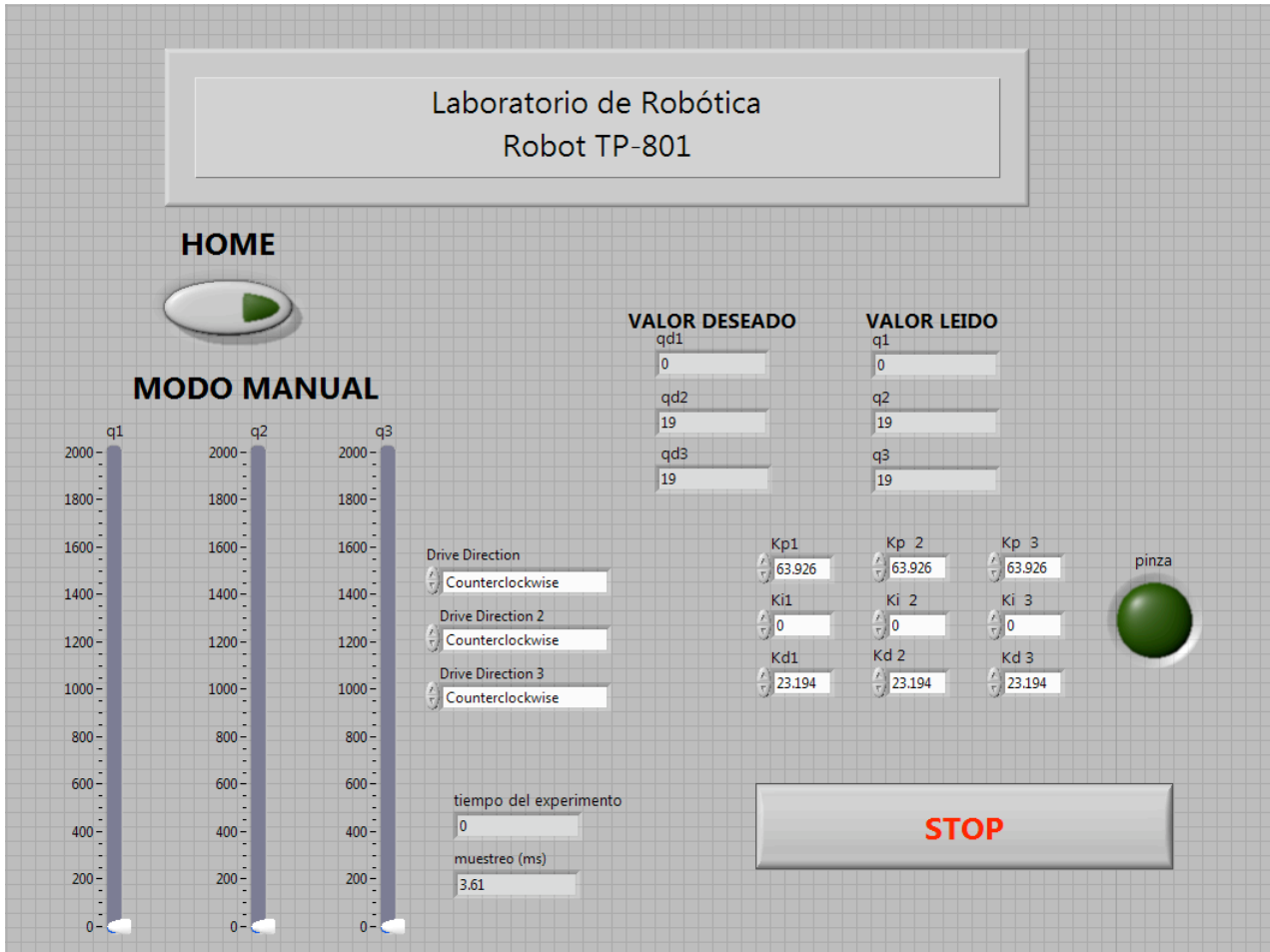


Figura D.17: Panel frontal de la aplicación

Las gráficas que muestran los datos del experimento se visualizan en la continuación de este panel frontal mostrada en la Figura D.18.

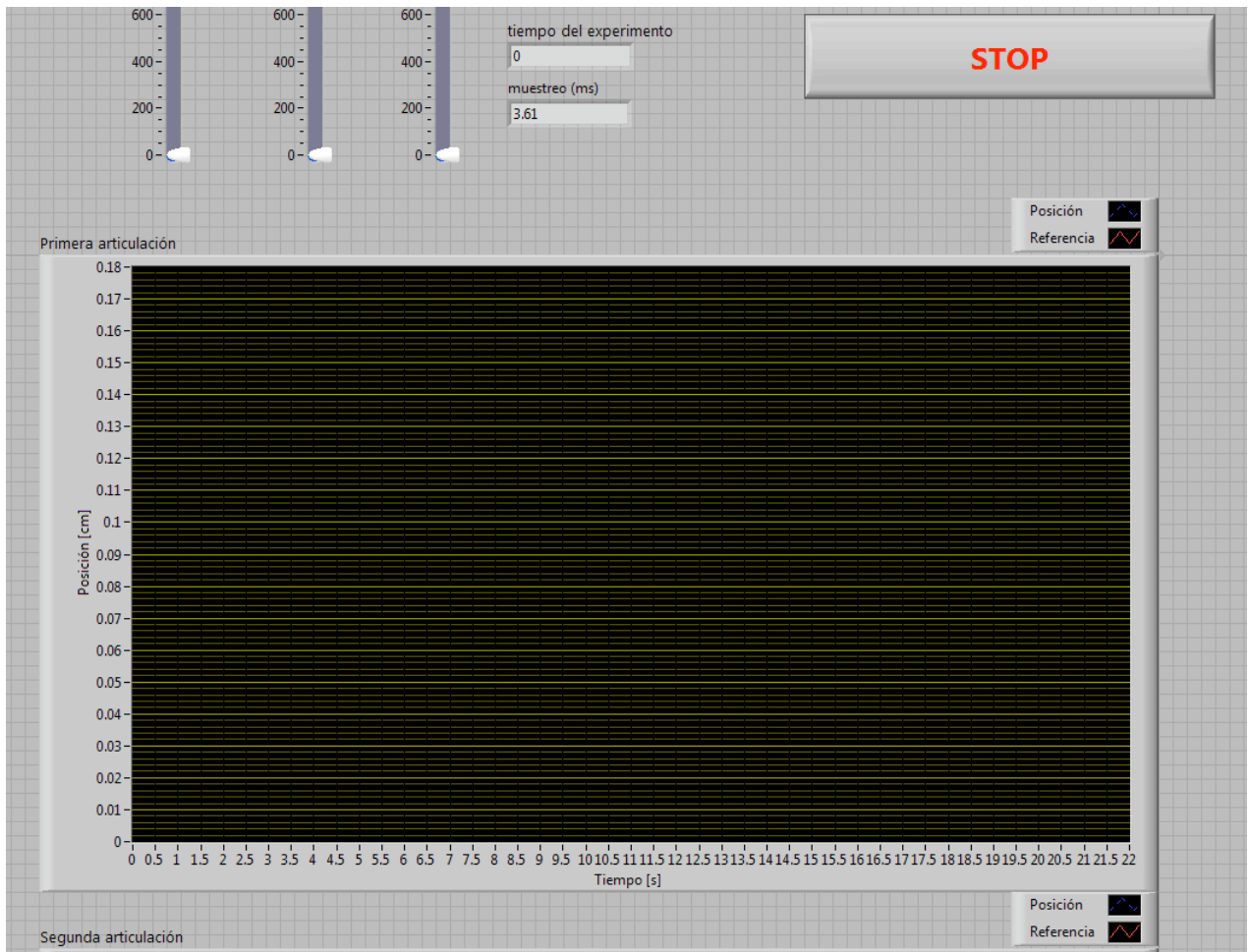


Figura D.18: Continuación del panel frontal

Con la implementación de este programa y la manipulación de su tiempo de ejecución usando el Timed Loop, se pudo obtener un tiempo de muestreo de 3 ms; lo que es bastante bueno ya que las aplicaciones de los robots A-465 y A-265 del Laboratorio de Robótica cuentan con tiempos de muestreo de valor similar. Esta situación es aceptable y asegura que la señal que se recibe de los encoders esté siendo procesada lo más fielmente posible, lo que garantiza que la ley de control y en general todo el programa trabajen correctamente.

Al final se obtuvo una aplicación en donde se puede sustituir el código del controlador PID por códigos de controladores más avanzados adquiriendo y generando datos por medio del lenguaje gráfico de LabVIEW.

Apéndice E

Especificaciones técnicas del Hardware en inglés

E.1. PLC Compact FC20

Estos datos se extrajeron de [6].

General information	
Dimensions: W x H x D	130 x 80 x 35 mm
Weight:	160 g
Operating temperature	0 ... 55 °C
Temperature during transportation and storage	-25 ... +70 °C
Relative humidity	0 ... 95 % (non-condensing)
Degree of pollution	2
Operating voltage	24 V DC +20 % / -15 %; absolute limits that take account of the AC voltage components: 30 V / 19.2 V; If you are using a power pack with reliable isolation; see under Protection class
Power consumption	typically 2.6 W
Permitted length of connecting cable for operating voltage	10 m
Degree of protection	IP20
Protection class	Protection class II; above this class with electrical circuits that have to be supplied by power packs conforming to IEC 742/ EN 60742/ VDE 0551/ PELV and with at least 4 kV insulation resistance, or power packs that guarantee reliable isolation as defined in EN 60950/ VDE 0805. ¹⁾
I/O connections	Screw-type terminal
Nominal cross-section	2 x 0.75 mm ²
Tightening torque for screws (screw-type terminals)	max. 0.5 Nm
EMC	EN 61000-6-2, EN 50081-2

¹⁾ If only electrical circuits from protection class III are used, the entire device should be assigned to class III.

Digital inputs	
Number	12/ 2 groups; 1 x 4 inputs, 1 x 8 inputs; both groups electrically isolated from one another. The inputs in a group should be either current-sinking or current-sourcing.
Number of inputs that can be used as high-speed counters (max. 2 kHz)	2
Input voltage / current	24 V DC, input current 7 mA ¹⁾
Value for TRUE	15 V DCmin.
Value for FALSE	5 V DCmax.
Input signal delay	typically 5 ms
Electrical isolation	Yes, optocoupler
Permitted length of connecting cable	max. 30 m
Status display with LED	Yes
Insulation resistance against internal system voltage	Rated voltage of insulation: 50 V AC

¹⁾The input voltages should be generated from electrical circuits from protection class III. This requirement is fulfilled if the sensor supply voltage is used.

Digital outputs																			
Number	8 relay outputs (potential-free)																		
Switchable voltages / currents	5A/ 250 V AC, 5A/ 30 VDC; minimum load: 10 mA at 5 V DC																		
Operating frequency	max. 25 Hz																		
Electrical isolation between groups	yes, one group with 4 relays, two groups each with 2 relays																		
Permitted length of connecting cable	max. 30 m																		
Current / loading	<table border="0"> <tr> <td></td> <td>Ohm</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>resistive load</td> <td>inductive load</td> </tr> <tr> <td>– no current</td> <td>20 Mio. cycles</td> <td>20 Mio. cycles</td> </tr> <tr> <td>– 0,2 A</td> <td>1 Mio cycles</td> <td>800.000 cycles</td> </tr> <tr> <td>– 1 A</td> <td>500.000 cycles</td> <td>300.000 cycles</td> </tr> <tr> <td>– 2 A</td> <td>300.000 cycles</td> <td>100.000 cycles</td> </tr> </table>		Ohm			resistive load	inductive load	– no current	20 Mio. cycles	20 Mio. cycles	– 0,2 A	1 Mio cycles	800.000 cycles	– 1 A	500.000 cycles	300.000 cycles	– 2 A	300.000 cycles	100.000 cycles
	Ohm																		
	resistive load	inductive load																	
– no current	20 Mio. cycles	20 Mio. cycles																	
– 0,2 A	1 Mio cycles	800.000 cycles																	
– 1 A	500.000 cycles	300.000 cycles																	
– 2 A	300.000 cycles	100.000 cycles																	
Status display with LED	yes																		
Insulation resistance against internal system voltage – Relay outputs	mains voltages from overvoltage category II can be switched; rated voltage of insulation: 300 V AC																		

Analog potentiometer (trimmer)	
Number	1
Range of values	1 - 63

Status display	
Power LED	Operating voltage display - Green
Status LED	According to the status: Run - Green / Stop - Orange / Error - Red

RUN/ STOP switch	
Number	1
STOP/ RUN	Software-dependent; programmable

Serial port COM	
Number	1
Connection	RJ11 socket
Properties	serial, asynchronous, electrically isolated RS232
As an RS232C	KSD2 cable required
As a programming interface	9600 baud, 8/ N 1
As a universal interface	300 ... 9600 baud, 7N1, 7E1, 7O1, 8N1, 8E1, 8O1 ^{1.)}
Serial port EXT	
Number	1
Connection	RJ12 socket
Properties	serial, asynchronous, TTL level, not electrically isolated
As an RS232C	SM14/ SM15 port adapter required
SM14/SM15 terminalassignment	Transmit, Receive, RTS, CTS
As a universal interface:	300 ... 115000 baud, 7N1, 7E1, 7O1, 8N1, 8E1, 8O1 ^{1.)}

¹⁾The specifications from the development environment should be observed.

E.2. CompactRIO 9073

Estos datos se extrajeron de [13].

The following specifications are typical for the -20 to 55 °C operating temperature range unless otherwise noted.

Network

Network interface	10BaseT and 100BaseTX Ethernet
Compatibility	IEEE 802.3
Communication rates	10 Mbps, 100 Mbps, auto-negotiated
Maximum cabling distance.....	100 m/segment

RS-232 Serial Port

Maximum baud rate.....	115,200 bps
Data bits	5, 6, 7, 8
Stop bits	1, 2
Parity.....	Odd, Even, Mark, Space
Flow control.....	RTS/CTS, XON/XOFF, DTR/DSR

SMB Connector (cRIO-9074 Only)

Output Characteristics

Minimum high-level output voltage	
With -100 μ A output current	2.9 V
With -16 mA output current.....	2.4 V
With -24 mA output current.....	2.3 V
Maximum low-level output voltage	
With 100 μ A output current	0.10 V
With 16 mA output current.....	0.40 V
With 24 mA output current.....	0.55 V
Driver type	CMOS

Maximum sink/source current ± 24 mA

Maximum 3-state output
leakage current ± 5 μ A

Input Characteristics

Minimum input voltage..... 0 V

Minimum low-level input voltage..... 0.94 V

Maximum high-level input voltage..... 2.43 V

Maximum input voltage..... 5.5 V

Typical input capacitance..... 2.5 pF

Typical resistive strapping 1 k Ω to 3.3 V

Memory

cRIO-9072, cRIO-9073

Nonvolatile..... 128 MB minimum

System memory 64 MB

cRIO-9074

Nonvolatile..... 256 MB minimum

System memory 128 MB

Reconfigurable FPGA

cRIO-9072

Number of logic cells..... 17,280

Available embedded RAM 432 kbits

cRIO-9073, cRIO-9074

Number of logic cells..... 46,080

Available embedded RAM 720 kbits

Internal Real-Time Clock

Accuracy200 ppm; 35 ppm at 25 °C

Power Requirements



Caution You must use a UL Listed ITE power supply marked *LPS* with the cRIO-9072/3/4.

Recommended power supply.....48 W, 24 VDC

Power consumption20 W maximum

Power supply input range19 to 30 V

Physical Characteristics

If you need to clean the controller, wipe it with a dry towel.

Screw-terminal wiring0.5 to 2.5 mm² (24 to 12 AWG)
copper conductor wire with
10 mm (0.39 in.) of insulation
stripped from the end

Torque for screw terminals.....0.5 to 0.6 N · m
(4.4 to 5.3 lb · in.)

Weight929 g (32.7 oz)

Safety Voltages

Connect only voltages that are within these limits.

V terminal to C terminal35 V max, Measurement
Category I

Measurement Category I is for measurements performed on circuits not directly connected to the electrical distribution system referred to as MAINS voltage. MAINS is a hazardous live electrical supply system that powers equipment. This category is for measurements of voltages from specially protected secondary circuits. Such voltage measurements include signal levels, special equipment, limited-energy parts of equipment, circuits powered by regulated low-voltage sources, and electronics.

E.3. NI 9505

Estos datos se extrajeron de [15].

The following specifications are typical for the temperature range -40 to 70 °C and a PWM rate of 20 kHz unless otherwise noted. All voltages are relative to COM unless otherwise noted.

Operating Conditions

Motor DC power supply (V_{SUP}) +8 to +30 VDC, 12 A max

Motor continuous current¹

(Motor \pm) 1 A @ 70 °C
5 A @ 40 °C

With NI 9931

screw terminal accessory 1 A @ 70 °C
7.3 A @ 40 °C

Peak current² 12 A < 2 s max

PWM

Rate 20 kHz recommended,
40 kHz max

¹ For more information about maximum continuous current at temperatures less than 70 °C, visit ni.com/info and enter `rdmot2`.

² Allow at least 3.4 s between peak current intervals.



Caution Violating minimum pulse width will result in unpredictable performance.

Minimum pulse width
(high or low) 2 μ s

Drive direction update rate Nominally 20 μ s

Current loop

ADC resolution 12 bits

Current range ± 12.7 A

Maximum update rate 20 μ s

Minimum inductance 500 μ H

MTBF 821,178 hours at 25 °C;
Bellcore Issue 2, Method 1,
Case 3, Limited Part Stress
Method

Drive Protection

Undervoltage..... <6 V



Caution V_{SUP} greater than 40 V will result in damage to the module.

Overvoltage..... >32 V

Reverse polarity -30 V

Motor terminal (MOTOR±)

short to ground..... Yes

Motor terminal (MOTOR±)

short to V_{SUP} Yes

Temperature fault trip point 115 °C (internal module temperature)

Encoder Input Characteristics

Number of inputs 3

Input type Differential or single-ended

Voltage range 0 to 5.5 VDC

Digital logic levels

Single-ended TTL compatible

Input high threshold 2.4 V

Input low threshold 0.8 V

Differential

Input threshold ±700 mV,
line driver compatible

Common-mode voltage -7 to 12 V

Input current ±1 mA

Maximum quadrature frequency 5 MHz

E-Stop Input

Input voltage range	0 to 30 V
Input ON voltage	3.5 to 30 V
Input OFF voltage	0 to 2 V
Turn-on current	500 μ A, typical 1 mA, maximum

Power Requirements

Power consumption from chassis	
Active mode	100 mW max
Sleep mode	0.4 mW max
Thermal dissipation (at 70 °C)	
Active mode	1.5 W max
Sleep mode	0.4 mW max

Encoder Power Supply

5 V regulated output	
Voltage tolerance	5 V \pm 5%, $V_{SUP} \geq 8$ V
Current.....	125 mA

Physical Characteristics

If you need to clean the module, wipe it with a dry towel.

Screw-terminal wiring	12 to 24 AWG copper conductor wire with 10 mm (0.39 in.) of insulation stripped from the end
Torque for screw terminals	0.5 to 0.6 N · m (4.4 to 5.3 lb · in.)
Ferrules	0.25 mm ² to 2.5 mm ²
Weight.....	155 g (5.5 oz)
NI 9931 Screw Terminal Accessory	
Screw terminal wiring	14 to 26 AWG copper conductor wire with 7 mm (0.28 in.) of insulation stripped from the end
Torque for screw terminals.....	0.5 to 0.6 N · m (4.4 to 5.3 lb · in.)
Ferrules.....	0.25 mm ² to 1.5 mm ²
Weight	40 g (1.4 oz)

Safety

Safety Voltages

Connect only voltages that are within the following limits.

Channel-to-COM 0 to +30 VDC max,
Measurement Category I

Isolation

Channel-to-channel None

Channel-to-earth ground

Continuous 60 VDC,
Measurement Category I

Withstand 750 V_{rms}, verified by a 5 s
dielectric withstand test

E.4. NI 9474

Estos datos se extrajeron de [6].

The following specifications are typical for the range -40 to 70 °C unless otherwise noted. All voltages are relative to COM unless otherwise noted. The specifications are the same for the NI 9472 and the NI 9474 unless otherwise noted.

Output Characteristics

Number of channels 8 digital output channels

Output type Sourcing

Power-on output state Channels off

External power supply voltage range (V_{sup})

NI 9472 6–30 VDC

NI 9474 5–30 VDC

Output impedance (R_o)

Typical 0.07Ω

Maximum 0.13Ω

Continuous output current (I_o), per channel

NI 9472 0.75 A max

NI 9474 1 A max

Output voltage (V_o) $V_{sup} - (I_o \cdot R_o)$

I/O protection

Voltage 30 VDC max

Reversed voltage None

Short-circuit behavior

Current	Channel Behavior	Module Protection
0 to 1 A	Channel does not trip	Module is not damaged
1 to 6 A	Channel does not trip	Module may be damaged
6 to 13 A	Channel may trip	Module may be damaged
>13 A	Channel trips	Module is not damaged

Short-circuit trip time $10 \mu\text{s}$ at 13 A

Output delay time (full load)

NI 9472.....	100 μ s max
NI 9474.....	1 μ s max

MTBF

NI 9472.....	1,113,301 hours at 25 °C; Bellcore Issue 2, Method 1, Case 3, Limited Part Stress Method
NI 9474.....	479,889 hours at 25 °C; Bellcore Issue 2, Method 1, Case 3, Limited Part Stress Method

NI 9474 Power Requirements

Power consumption from chassis

Active mode	660 mW max
Sleep mode	0.6 mW max

Thermal dissipation (at 70 °C)

Active mode	1.5 W max
Sleep mode	0.6 mW max

Physical Characteristics

If you need to clean the module, wipe it with a dry towel.

Screw-terminal wiring	12 to 24 AWG copper conductor wire with 10 mm (0.39 in.) of insulation stripped from the end
Torque for screw terminals	0.5 to 0.6 N · m (4.4 to 5.3 lb · in.)

Ferrules	0.25 mm ² to 2.5 mm ²
Weight	
NI 9472/9474 with screw terminal	150 g (5.3 oz)
NI 9472 with DSUB	145 g (5.1 oz)

Safety

NI 9472/9474 with Screw Terminal Safety Voltages

Connect only voltages that are within the following limits.

Channel-to-COM 30 VDC max

Isolation

Channel-to-channel None

Channel-to-earth ground

Continuous 250 V_{rms},

Measurement Category II

Withstand 2,300 V_{rms}, verified by a 5 s
dielectric withstand test

Measurement Category II is for measurements performed on circuits directly connected to the electrical distribution system.

