



Automatización Industrial & Arduino™

Acondicionador de señales tipo TTL para el
entorno industrial

Aritz Elgezabal Núñez

Ander Fernández León

Jon Ander Gómez Rico

Miguel Pérez de Laborda

Hoja índice de la memoria

1. Objeto	2
2. Alcance	2
3. Antecedentes	2
4. Normas y referencias	3
a. Disposiciones legales y normas aplicadas	3
b. Bibliografía	4
c. Programas de cálculo	4
5. Definiciones y abreviaturas	5
6. Requisitos de diseño	6
7. Análisis de soluciones	6
8. Resultados finales	6
9. Planificación	X

1. Objeto

Gran parte de los equipos de producción industriales funcionan de forma automática o en su defecto pueden ser automatizados. Durante nuestra formación en el área de la automatización industrial, hemos encontrado difícil realizar alguna práctica en el hogar (cosa que nos permitiría mejorar nuestras competencias profesionales). La causa de esto no es más que el elevado coste de los autómatas industriales y de las licencias del software que se utiliza para programarlos. Al mismo tiempo observamos que estos PLCs que el mercado nos ofrece son tan caros como obsoletos.

Por ello, este proyecto ofrece una solución barata y libre, que nos permite adaptar un simple microcontrolador, como sería el incluido en Arduino™, al entorno industrial y sus sistemas de programación actuales basados en máquinas de estado.

2. Alcance

Este proyecto va dirigido en especial a universidades, centros formativos, profesionales, alumnos y *makers* que quieran tener la opción de automatizar procesos bajo normativas industriales o similares. Al mismo tiempo, la idea es dejar atrás los ya, a nuestro modo de ver, anticuados autómatas industriales, y avanzar a nuevos sistemas más novedosos en el área de la automatización. Sólo partiendo de herramientas libres y accesibles vemos posible esta meta.

3. Antecedentes

Teniendo en cuenta las normativas industriales, se diseñan 3 modelos de acondicionador de señal diferentes; Un acondicionador digital de entrada para Arduino (que escale 24V DC a 5V DC), Un acondicionador analógico de entrada para Arduino™ (que escale 10V DC a 5V DC) y un acondicionador digital de salida de señal de corriente continua (que escale 5V DC a 24V DC).

Puesto que se pretende utilizar en un entorno industrial, debemos mantener aislado galvánicamente Arduino™ de los *circuitos de potencia*. En este caso se escoge utilizar optoacopladores para esta misión.

4. Normas y referencias

4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

Normativas y Reglamentos Industriales

En cuanto a normativas y reglamentos técnicos relativos al uso de la electricidad en el entorno industrial, el proyecto se encuentra limitado en ciertos aspectos por las normativas vigentes.

El proyecto cumple los requisitos de las directivas 2006/95/EC (Baja tensión), 2004/108/CE (Compatibilidad electromagnética) y RoHS 2011/65/EU de la Unión Europea.

Reglamento Electrotécnico para baja tensión (España):

“Artículo 6. Equipos y materiales.”

1. *“Los materiales y equipos utilizados en las instalaciones deberán ser utilizados en la forma y para la finalidad que fueron fabricados. Los incluidos en el campo de aplicación de la reglamentación de trasposición de las Directivas de la Unión Europea deberán cumplir con lo establecido en las mismas. En lo no cubierto por tal reglamentación se aplicarán los criterios técnicos preceptuados por el presente Reglamento. En particular, se incluirán junto con los equipos y materiales las indicaciones necesarias para su correcta instalación y uso, debiendo marcarse con las siguientes indicaciones mínimas.”*
 - a. *“Identificación del fabricante, representante legal o responsable de la comercialización.”*
 - b. *“Marca y modelo.”*
 - c. *“Tensión y potencia (o intensidad) asignadas.”*
 - d. *“Cualquier otra indicación referente al uso específico del material o equipo, asignado por el fabricante.”*
2. *“Los órganos competentes de las Comunidades Autónomas verificarán el cumplimiento de las exigencias técnicas de los materiales y equipos sujetos a este Reglamento. La verificación podrá efectuarse por muestreo.”*

“Artículo 17. Receptores y puesta a tierra.”

*“Sin perjuicio de las disposiciones referentes a los requisitos técnicos de diseño de los materiales eléctricos, según lo estipulado en el **artículo 6**, la instalación de los receptores, así como el sistema de protección por puesta a tierra, deberán respetar lo dispuesto en las correspondientes instrucciones técnicas complementarias.”*

“Artículo 20. Mantenimiento de las instalaciones.”

“Los titulares de las instalaciones deberán mantener en buen estado de funcionamiento sus instalaciones, utilizándose de acuerdo con sus características y absteniéndose de intervenir en las mismas para modificarlas. Si son necesarias modificaciones, éstas deberán ser efectuadas por un instalador autorizado.”

4.2 Bibliografía

Es posible encontrar el nuevo reglamento de baja tensión nacional en:
http://www.upv.es/electrica/newrbt_1.htm

4.3 Programas de cálculo

Desde **el equipo de desarrollo VinGaS** se apoya el movimiento de hardware libre y, del mismo modo, el proyecto se ha apoyado, sobre todo, en programas de código abierto para llevarse a cabo (con contadas excepciones).

Cálculo Matemático:

- Software propietario:
→ Wolfram Mathematica (Disponible en: <http://www.wolfram.com/mathematica/>).

Diseño de circuitos electrónicos y circuito impreso:

- Software Libre:
→ Fritzing (Disponible en: <http://fritzing.org/home/>).

Diseño gráfico:

- Software Libre:
→ GIMP (Disponible en: <http://www.gimp.org.es/>).

Organización de proyectos:

- Software Libre:
→ Planner (Disponible en: <https://packages.debian.org/es/jessie/planner>).

Documentación:

- Software Libre:
→ LibreOffice (Disponible en: <https://es.libreoffice.org/>).

Dibujo asistido por computadora:

- Software Libre:
→ FreeCAD (Disponible en: <https://sourceforge.net/projects/free-cad/>).
→ LibreCAD (Disponible en: <http://librecad.org/cms/home.html>).

5. Definiciones y abreviaturas

Arduino™

Arduino™ es una plataforma de desarrollo de prototipos con licencia de hardware libre. La plataforma incluye la placa de desarrollo, el IDE (Entorno de programación) y toda la comunidad de Makers (hacedores) que comparte proyectos, hardware, programas y librerías, lo que lo convierte en una plataforma versátil y de gran éxito en todo el mundo.

Autómata programable / PLC (Programmable Logic Computer)

Un controlador lógico programable es una computadora utilizada en automatización industrial, para automatizar procesos. Como por ejemplo, el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

Optoacoplador

Un optoacoplador es un dispositivo de emisión-recepción que funciona como interruptor activado mediante luz (internamente). Por lo general, su funcionamiento se basa en la emisión de luz mediante un diodo LED que satura un componente optoelectrónico, normalmente en forma de fototransistor. De este modo es posible aislar galvánicamente dos circuitos electrónicos y mantener el control de uno sobre el otro.

Diodo

Un diodo es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un sólo sentido.

Diodo LED

Un diodo LED es un componente optoelectrónico pasivo que emite luz.

Diodo Zener

Es un diodo fuertemente dopado con silicio construido para su funcionamiento en las zonas de ruptura. Este dispositivo es la parte esencial de los reguladores de tensión casi constantes con independencia de las variaciones de tensión de la red, de resistencia de carga y temperatura.

Transistor

El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor utilizado para entregar una señal de salida en respuesta a una señal de entrada. Puede funcionar en tres estados diferentes corte, amplificación y saturación.

Fototransistor

El fototransistor es igual que un transistor común, con la diferencia que puede trabajar de 2 formas:

1. Como transistor normal
2. Como fototransistor, cuando la luz que incide en este elemento hace las veces de corriente de base (modo de iluminación)

el proyecto utiliza el segundo modo de funcionamiento para conmutar el paso de corriente entre colector y emisor.

Programa

Se le denomina programa a la lista de instrucciones escritas (en lenguaje específico) que se usa para controlar las tareas de una máquina, normalmente algún tipo de ordenador.

Tierra de Protección (P.E.)

El término se refiere al potencial de la superficie de la Tierra. Es un concepto vinculado a la seguridad de las personas, porque éstas se hallan a su mismo potencial por estar pisando el suelo. Si cualquier aparato está a ese mismo potencial no habrá diferencia entre el aparato y la persona, por lo que no habrá descarga eléctrica peligrosa.

Divisor de tensión

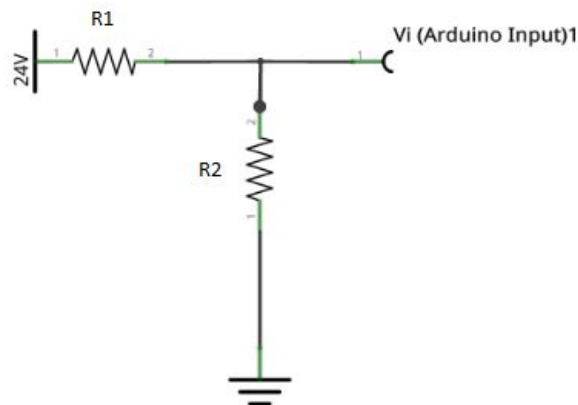
Un divisor de tensión es una configuración de circuito eléctrico que reparte la tensión de una fuente entre una o más impedancias conectadas en serie.

6. Requisitos de diseño

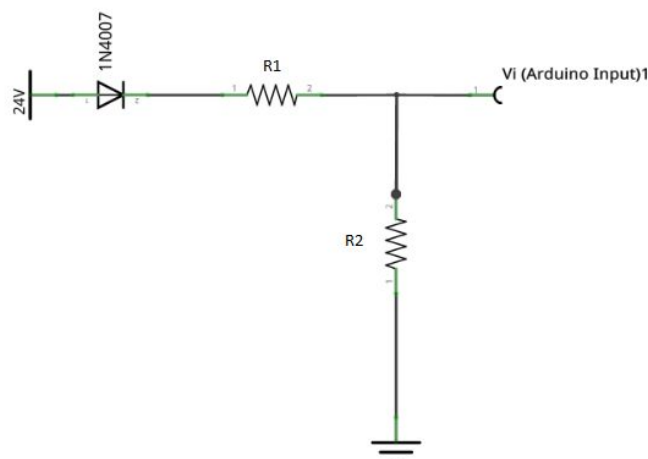
Se busca un diseño de hardware, compatible con Arduino, que pueda ser montado en el entorno industrial y de igual manera sirva para gobernar dispositivos tales como; contactores, electroválvulas... etc. Se requiere un sistema que permita transcribir, de forma cuasi-automática, la representación gráfica de un programa al lenguaje de programación del microcontrolador (en este caso Arduino).

7. Análisis y soluciones

Se han barajado diferentes métodos para realizar las tareas a lo largo del proyecto. Para las entradas se consideró principalmente un divisor de tensión formado por dos resistencias eléctricas.

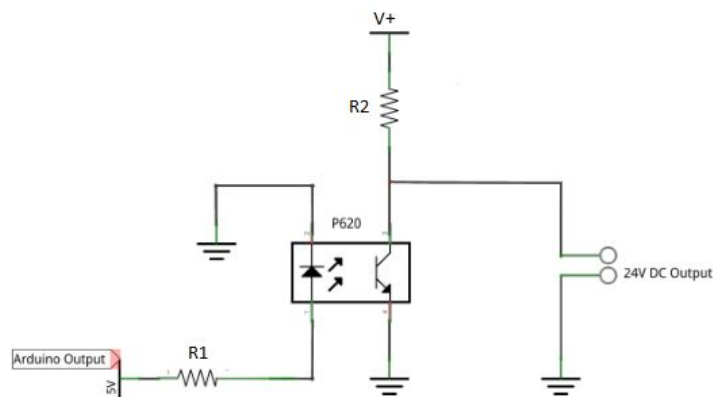


Posteriormente se le instaló un diodo de protección para evitar polarizaciones inversas.

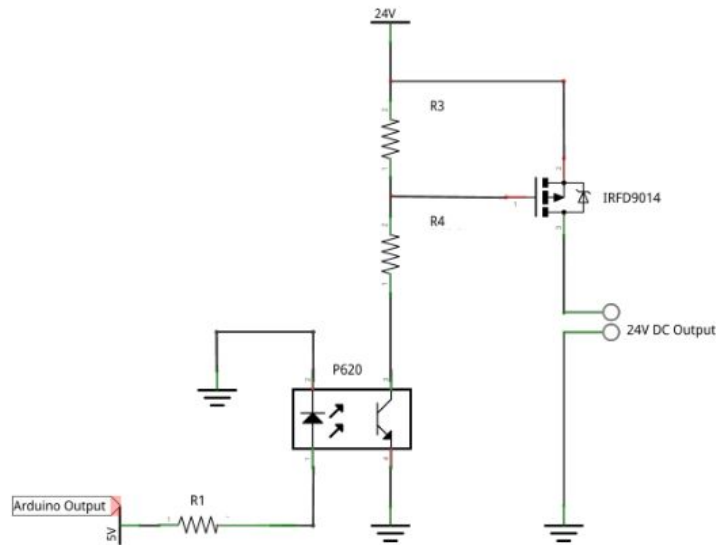


El diseño final incluye un diodo zener de protección. Este regula la tensión máxima a haber en la unión de R1 y R2. De este modo, se consigue que tensiones superiores al máximo (impuesto por nosotros) no dañen nuestra plataforma de prototipado. Con este diseño final, cerramos la mesa de diseño del acondicionador de entrada.

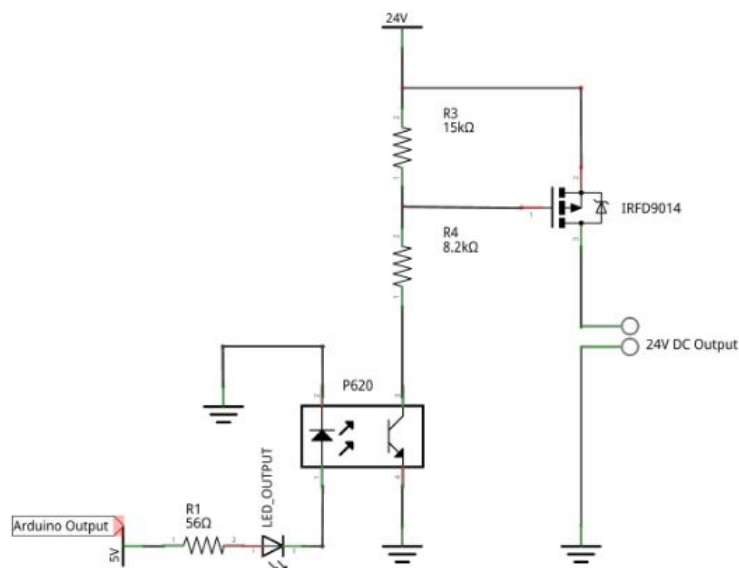
En el caso de las salidas digitales se comenzó con un diseño sencillo con un optoacoplador.



la poca intensidad disponible en la salida (limitada por la resistencia R2) y la caída de tensión entre V+ y la borna de conexión, se consideró añadir un transistor de potencia encargado de canalizar toda la intensidad en la salida. Hubo dos diseños diferentes involucrados. El primero, utilizando un transistor bipolar de unión PNP, pretende controlar el paso de corriente entre emisor y colector mediante corriente. El segundo, utiliza un MOSFET canal P para conmutar el paso de corriente, entre Surtidor y Drenador, mediante tensión.



Se escoge el segundo diseño y se trabaja sobre esa base, debido a limitaciones del otro diseño. Finalmente, se añade un diodo LED a modo indicativo de la activación de la salida.



8. Resultados finales

Acondicionadores de señal

Los acondicionadores de señal recogen una señal y la transforman para cumplir con los requisitos que se necesiten en su salida. Los acondicionadores de señal que utilizamos en este proyecto se encuentran especificados en los esquemas electrónicos y constan de:

- *Entradas*

Divisores de tensión en las entradas protegidos a su vez por un diodo y un Zener.

[Añadir Imagen]

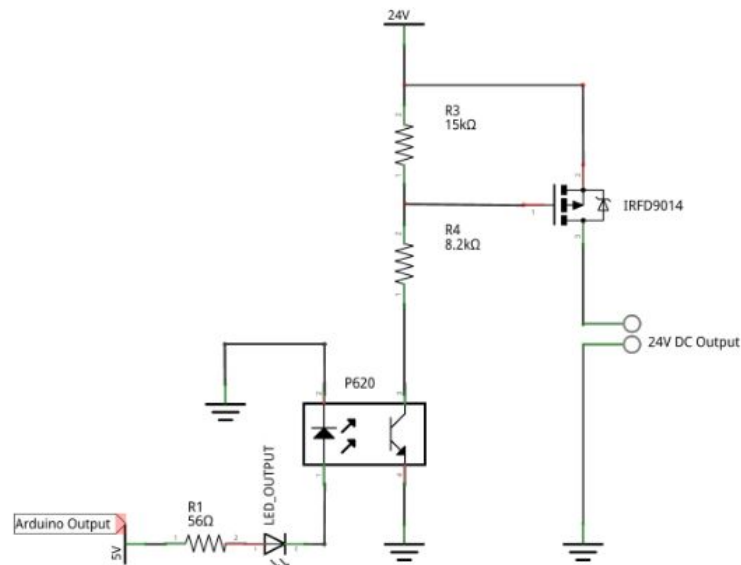
Tal y como se establece en el esquema, tenemos en cuenta una señal de entrada de 24 Voltios de tensión continua. Esta tensión actúa sobre nuestro acondicionador de señal recorriendo a través del mismo, una intensidad pequeña de unos 2,7 miliamperios aproximadamente. El circuito a recorrer por dicha intensidad son las resistencias R1 y R2, y un diodo de protección (Cabe destacar la gran importancia de este diodo puesto que protege el circuito de polarizaciones inversas que puedan provocarse al realizar una mala conexión).

Hay una caída de tensión de unos 19 Voltios como mínimo entre el ánodo del diodo y el nodo de unión de las resistencias R1 y R2. De este modo, se consigue reducir los 24 Voltios, aplicados en el acondicionador, a 5 V. Estos 5 Voltios sí son una señal apropiada para nuestro Arduino. Durante todo el proceso, el Zener bloquea el paso de corriente a través del mismo, por lo que el circuito no varía en absoluto. En el momento que la tensión sea mayor que la tensión zener del dispositivo, éste comenzará a conducir, fijando la tensión en el punto que nos interesa al máximo exigido. El Zener tiene como limitación la disipación de potencia. De superarse el límite de disipación de potencia, el diodo se destruirá y la placa de desarrollo se dañará.

En el caso de las señales Analógicas, y sabiendo que estas varían entre 0 y 10 Voltios, sólo debemos variar el conjunto de resistencias que forman parte del divisor de tensión para que la caída de tensión entre el ánodo del diodo y la unión entre R1 y R2 sea de 5 Voltios como máximo. De este modo y utilizando resistencias *metálicas* obtenemos señales analógicas con escalado prácticamente lineal.

- **Salidas**

Montaje con optoacoplador para mantener el aislamiento galvánico entre Arduino y el circuito de potencia, que controla un transistor/triac de potencia. Este dispositivo de potencia nos otorga la señal deseada para gobernar dispositivos industriales.



Existen dos montajes diferentes que aceptamos utilizar; el primero con lógica positiva y el segundo con lógica negativa.

→ **Lógica positiva**

En reposo la salida de nuestro acondicionador se mantiene como un circuito abierto dado que el transistor MOSFET encargado de suministrar la electricidad se encuentra en corte debido a que la tensión de la puerta es de 24 Voltios (Lógica positiva). igual que en el surtidor.

Cuando la salida de Arduino se activa, el LED se enciende (mostrándonos que la salida se encuentra activa) y el LED del optoacoplador también. Debido a que el fototransistor del optoacoplador recibe la luz del LED del dispositivo, éste entra en saturación y permite el paso de corriente a través. Debido al paso de corriente hay una caída de tensión en las resistencias

conectadas al colector del fototransistor alterando así la tensión en la puerta del transistor MOSFET canal P. Debido a que la tensión de la puerta del transistor MOSFET se encuentra a suficiente diferencia de tensión respecto al Surtidor (Source), éste entra en conducción y obtenemos los 24 Voltios a la salida. Las especificaciones aclaran la intensidad máxima que el aparato nos admite y debe tenerse en cuenta la potencia máxima de disipación del dispositivo.

→ Lógica negativa

Este montaje en reposo mantiene la salida de nuestro acondicionador como un circuito cerrado dado que el transistor MOSFET encargado de entregar la potencia se encuentra en conducción debido a que la tensión de la puerta es de unos 15 Voltios porque el transistor de conmutación 2N2222 se encuentra en saturación (Lógica negativa).

Cuando la salida de Arduino se activa, el LED se enciende (mostrándonos que la salida se encuentra activa) y el LED del optoacoplador también. Debido a que el fototransistor del optoacoplador recibe la luz del LED del dispositivo, éste entra en saturación y permite el paso de corriente a través. Debido al paso de corriente hay una caída de tensión en la resistencia conectada al colector del fototransistor alterando así la base del transistor 2N2222 (el cual entra en corte y consigue que la caída de tensión en las resistencias conectadas a su colector desaparezca). Debido a que la tensión de la puerta del transistor MOSFET canal P se encuentra a 24 Voltios de tensión, éste entra en corte y obtenemos un circuito abierto a la salida. Las especificaciones aclaran el consumo máximo que nos admite el dispositivo donde debe tenerse en cuenta la potencia máxima de disipación del dispositivo. Igual que en el circuito anterior.