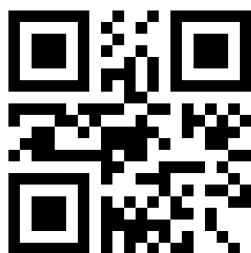


Facultad de Ingeniería - UBA
Departamento de Electrónica
86.07/66.09 - Laboratorio de Microprocesadores

Escaneo y Decodificación de Códigos QR



Profesor:			Ing. Guillermo Campiglio									
Cuatrimestre/Año:			2º/2016									
Turno de las clases prácticas			Miércoles									
Jefe de trabajos prácticos:			Ing. Ricardo Arias									
Autores			Seguimiento del proyecto									
Nombre	Apellido	Padrón										
Lautaro	Estienne	96671										
Tomás	Rebollo	90986										

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

Fecha de aprobación				Firma J.T.P

Coloquio	
Nota final	
Firma profesor	

Resumen

En el presente trabajo, se construyó y programó un dispositivo capaz de escanear un código QR impreso en una hoja de papel, decodificarlo y enviar el mensaje contenido en él a un dispositivo celular. A su vez, el mismo fue diseñado para que el control de encendido y apagado del escaneo y el envío del mensaje sean controlados por *Bluetooth*.

1. Breve Introducción

Un código QR (*Quick Response code*, “código de respuesta rápida”) es un módulo para almacenar información en una matriz de puntos, que se utiliza hoy en día en distintas formas:

- Registro de repuestos en el área de la fabricación de vehículos (primera implementación de estos códigos)
- Administración de inventarios en una gran variedad de industrias
- Almacenamiento de direcciones de páginas WEB en publicidades y anuncios
- Venta de productos y marketing de fidelización (como por ejemplo, cupones o descuentos)
- Etiquetado de productos en la tienda (como un código de barras)

La información que contiene un código QR puede incluir caracteres ASCII, Kanji, o combinaciones de ambos, y además de los caracteres codificados, la matriz contiene una serie de puntos que dan información acerca de cómo está almacenado el mensaje en el código.

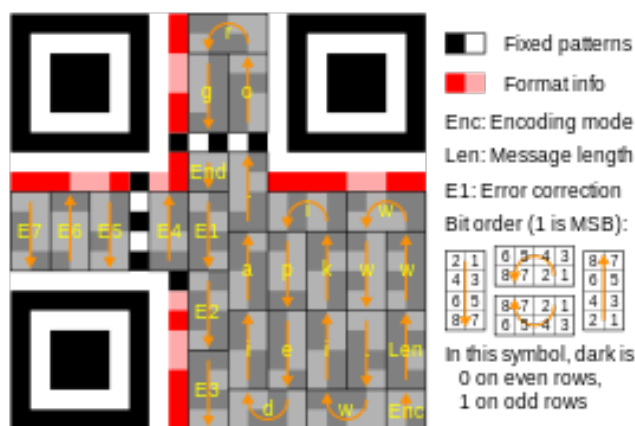


Figura 1: Disposición de la información en la matriz QR

La decodificación del código consiste básicamente en dos pasos: leer y decodificar la información auxiliar de código para entender cómo está dispuesta la información, y luego leer la matriz en la forma en que está dispuesto el código (respetando la información obtenida anteriormente). En la figura 1 se muestra un código QR con el mensaje “www.wikipedia.org”, y en el mismo puede observarse qué parte de la matriz contiene la información del mensaje y qué parte contiene la información auxiliar (*format info*).

2. Objetivos propuestos



La idea original del proyecto fue armar un dispositivo que permitiera escanear una matriz cuadrada de puntos blancos y negros impresa en una hoja de papel, obteniendo como resultado de este escaneo un conjunto de bytes en memoria SRAM que representen los puntos de dicha matriz. (Es decir, si la matriz es un conjunto de puntos blancos y negros, entonces puede representarse como una serie de unos y ceros y almacenarse en una memoria.)

Una vez leído el código, se propuso realizar un programa que reciba la dirección de memoria en que está guardada la matriz y decodifique el mensaje, almacenando en otra posición de memoria únicamente la sucesión de caracteres ASCII que componen el mensaje del código. Debe mencionarse que este paso considera uno solo de todos los métodos de lectura con el que se puede realizar la decodificación del QR (por supuesto, aquel que considera que en mensaje sólo contiene ASCII. Ver [4].)

Finalmente se propuso que, tanto el control de encendido y apagado del dispositivo escaneador como el envío del mensaje decodificado, sea manejado por un dispositivo móvil vía bluetooth. En este proceso, la lectura sería iniciada por la recepción de una orden enviada desde el celular y se realizaría en forma automática hasta finalizar el dibujo de la matriz. Una vez ahí, sería posible indicarle al scanner que envíe el mensaje al celular.

3. Objetivos logrados



Debido a los tiempos manejados y a los contratiempos (especialmente mecánicos) encontrados, el proyecto final terminó no siendo lo esperado en un principio, pero si se acercó mucho a lo que se deseaba.

El proyecto entregado realizaba automáticamente casi todas las funciones esperadas, menos el desplazado vertical del sensor para leer las filas de la matriz en forma continua. En lugar de ello, se decidió realizar una calibración manual (controlada por bluetooth) al finalizar cada fila. La misma consistió en controlar los motores que manejan el desplazamiento vertical de la hoja con dos nuevos botones en la aplicación móvil desarrollada para el proyecto.


El problema principal que se presentó fue que el control de motores para lograr precisión en el desplazado requería de más horas de trabajo y pruebas para poder calibrar la funcionalidad. Además, la estructura del dispositivo para mantener la hoja centrada y fijada era un poco endeble, lo cual terminaba provocando que los desplazamientos verticales fueran siempre distintos, no pudiendo normalizarlo a una sola medida.

Por otra parte, fue posible realizar el escaneo para un solo tamaño del código, ya que la distinción entre puntos blancos y negros implicaba tener conocimiento previo del ancho de cada punto. Esto se hizo a modo de simplificación y con el objetivo de acotar la complejidad del programa y las posibles fallas.

Todo lo demás funcionó de acuerdo a lo pensado y establecido.

4. Descripción del Hardware

En la figura 2 se muestra el diagrama en bloques del scanner en su totalidad.

El circuito contiene una placa Arduino UNO, la cual utiliza un microcontrolador Atmega328P, que fue el implementado en este trabajo. En principio, la elección de este microcontrolador se debe fundamentalmente a la cantidad de memoria Flash y SRAM disponible.  Esto es consecuencia de la gran dimensión de código que se necesitó para programar la decodificación del QR y la memoria necesaria para almacenar la matriz. Sin embargo, al finalizar el trabajo, puede comprobarse que si fuera por un tema de memoria, otros microcontroladores como el Atmega168 o el Atmega328 también habrían servido. **Ahora bien, en el trabajo se utilizó la instrucción `jmp` para salto incondicional (debido nuevamente a la extensión del código) y esa instrucción sólo está permitida en el Atmega328P o en el Atmega168PA.**

Por otro lado, se tiene el sensor de luz. El mismo fue construido específicamente para el trabajo y consiste en un circuito como el que se muestra en el esquemático del apéndice. En éste, se muestra un fotoresistor de Cadmio que varía su valor con la luz. De esta forma se obtiene una señal analógica que entra a uno de los puertos del micro y se determina a partir de ella si el color que se está leyendo es blanco o negro. Para que el contraste entre un color y el otro sea mayor, se utilizó una tira de LEDs del otro lado del papel, de manera que llegue más luz a este último.

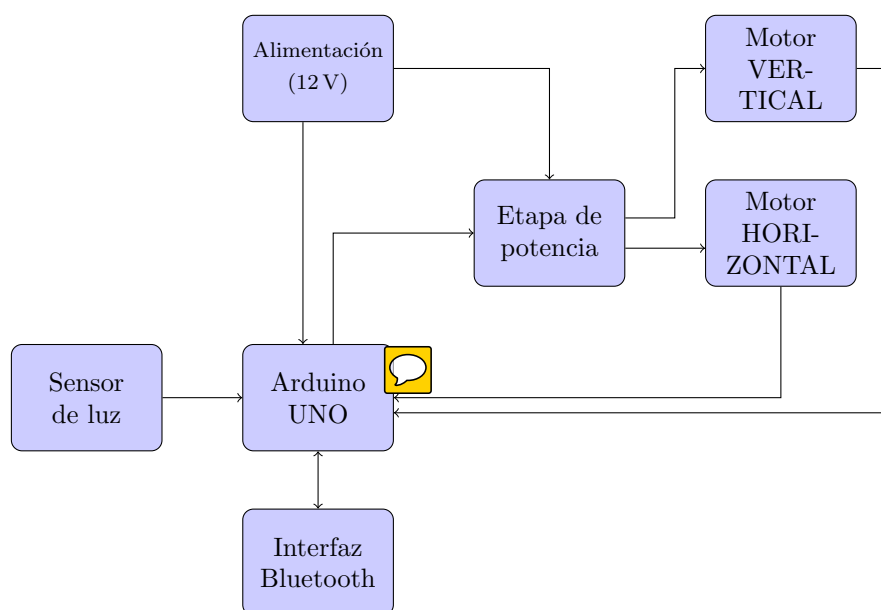


Figura 2: Diagrama en bloques del circuito completo.

Esta parte del trabajo fue, sin duda, la más crítica, ya que se debió preparar al equipo para que el escaneo soporte la resolución del código. Luego de varias pruebas se logró un resultado satisfactorio, con lo cual se concluyó que este sensor de fácil implementación sería suficiente para cubrir los objetivos del trabajo práctico.

Continuando con el circuito, se llega a la etapa de potencia utilizada para controlar los dos servo motores que controlan el escaneo. Estos motores funcionan correctamente con una tensión de 9 V, por lo que fue necesario adaptar la salida del microcontrolador con un puente-H doble (ya que se tienen dos motores). Para ello se eligió el integrado L298, uno de los más comunes para esta tarea. El circuito de esta etapa no comprende demasiadas complicaciones y se muestra en el apéndice del informe. Sí es posible agregar, sin embargo, que estos motores se comunican mediante 6 conectores, descritos a continuación. Los primeros dos son la salida del puente-H: el motor avanza al aplicarle tensión positiva y retrocede con una tensión negativa; cuando no hay tensión, el motor se encuentra quieto. Existen por otro lado, otros dos pines destinados a la tensión de referencia del motor (VCC y GND). Finalmente, el motor cuenta con un encoder de dos terminales, el cual permite medir la velocidad con la que se mueve y la dirección en la que avanza. Para el trabajo sólo fue necesario uno de ellos, ya que sólo se midió la posición.

Por último, la interfaz del bluetooth no presenta mayores complicaciones, ya que el módulo utilizado (el HC-05 configurable como maestro-esclavo) tiene dos pines para la comunicación por puerto serie, y otros dos para la alimentación.

La construcción del dispositivo que permite sostener los motores, el sensor y el resto del circuito fue realizada mediante el equipo Mindstorms NXT 2.0 desarrollado por la empresa LEGO en 2006. El mismo viene equipado con los motores mencionados anteriormente y con todas las piezas necesarias para el armado del proyecto, excluyendo por supuesto, los componentes del circuito. La mayor parte de la información del funcionamiento de los motores fue obtenida de Wikipedia (ver referencia [6]) y de los diversos tutoriales encontrados en la web y dirigidos por personas que ya descubrieron el funcionamiento interno de los componentes.

5. Descripción del Software

El código se encuentra dividido en 7 grandes bloques, a saber:

- **Inicialización y configuraciones:** Dentro de este módulo se realizan todas las inicializaciones de variables y configuraciones a utilizar. Se utilizaron flags de estado y registros redefinidos con otros nombres para llevar más fácilmente el seguimiento del código. Las configuraciones realizadas fueron:
 - Configuración de puertos como entradas y salidas.
 - Configuración del ADC interno del microcontrolador.
 - Configuración de timers como contadores.
 - Configuración de USART como receptor de datos (el envío desde el microcontrolador será inicializado solo al momento en que se requiera enviar datos).
 Una vez finalizadas las configuraciones, se realiza la primera lectura del ADC para saber en donde se encuentra actualmente el sensor.
- **Recepción Bluetooth:** El programa quedará esperando la recepción de datos para iniciar el proceso de lectura. Se desarrolló una aplicación móvil que envía el caracter ASCII '1' para indicar el encendido de los motores, mientras que para desplazar la hoja verticalmente, utiliza '+' y '-'.
Una vez recibido el caracter '1', se llama a la rutina "leer_columna" la cual se encarga de desplazar el motor horizontal para leer una línea del QR.
- **Movimiento de Motores:** El dispositivo cuenta con dos motores, uno para realizar el barrido horizontal y leer cada columna de cuadrados, y otro para desplazar la hoja a la siguiente columna. El motor horizontal se maneja seteando los pines 6, 7 del puerto D y 0 del puerto B para retroceso o avance, y un bit de stop general respectivamente. El motor vertical se maneja con los pines 2, 3 del puerto D, y 1 del puerto B. Seteando o limpiando estos bits es como se manejaron los pines H que terminaron controlando el desplazamiento de motores. Cada motor a su vez, enviaba al microcontrolador una señal de clock mientras estuviera funcionando, para llevar un control de su desplazamiento. Esto se contabilizó utilizando los timers para lograr precisión en la lectura.
- **Conteo de eventos:** Los encoders de los motores fueron conectados a los pines 4 y 5 del puerto D, utilizados como contadores. Los timers 0 y 1 fueron configurados en modo CTC (clear timer on compare), con clock externo en T0 y T1 respectivamente. Ambos conteos se compararon contra dos umbrales para tener dimensión de cuando se avanzaba una unidad de lo que se quería medir. Esto fue medido y seteado a partir de los valores obtenidos.
- **Conversión analógico digital:** Se utilizaron una fotorresistencia y una tira de leds por debajo de la hoja para lograr dos umbrales de tensión bien diferenciados para cada estado (blanco y negro). A partir de esto, se midió el voltaje con el ADC para saber en que color se encontraba el sensor.
El principal problema que se encontró en la conversión, es que no se podía definir con absoluta precisión la longitud de cada cuadrado del código para saber que valor correspondía a cada instante. Para eso, se estableció una medida aproximada y se contabilizó cuanto avanzaba el carro en el mismo color, seteando un flag cada vez que este cambiaba. Así, se realizaba una división que terminaba por dar la cantidad de cuadrados leídos de cada color.
El siguiente paso fue almacenar estos valores en registros para proceder a la decodificación correspondiente de cada línea. Para eso, se utilizaron los registros R20, R21 Y R22, llenados en el orden respectivo.
Una vez finalizada cada columna, se llamaba al método 'desenmascarar' el cual procedía a aplicar la máscara seteada por defecto y posteriormente decodificar.
- **Decodificación:** Fueron utilizados 6 acumuladores (ACUM0, ACUM1, ACUM2, ACUM3, ACUM 4 y ACUM5) para almacenar los bits leídos en el orden decodificado correspondiente.
La decodificación fue realizada bit a bit, rolleando cada registro al carry y dependiendo de su valor y la posición del mismo, seteando bits en los acumuladores. Cabe aclarar que el código QR tiene una estructura no cien por ciento homogénea, por lo cual dependiendo de la columna que se estaba leyendo, la forma de lectura y decodificado era distinta. Para las primeras 8 columnas, dos acumuladores se llenaron cada dos columnas (ACUM1 y ACUM2), mientras que otros (los ubicados horizontalmente, ACUM 0 Y ACUM3), se llenaron

cada 4. Mientras que para las restantes, fueron llenados cada dos columnas (ACUM1, ACUM2, ACUM3 y ACUM4), y cada 4 (ACUM0 y ACUM5).

Finalmente, a medida que cada acumulador era completamente llenado, se volcaba su valor en una tabla de memoria RAM en el orden correspondiente de lectura para que al finalizar, solo alcanzara con recorrer esta tabla. Para saber donde finalizaba, al terminar la lectura se agregó el caracter '/'.

Si bien la estructura del código obligaba a un engorroso proceso de decodificado bit a bit, se pudo reutilizar bastante código ya que al final de cuentas, eran 4 maneras distintas de recorrer los registros donde se almacenó la lectura inicial.

- **Envío Bluetooth:** Para finalizar, se configuró al microcontrolador para enviar datos por puerto serie utilizando la interrupción de vaciado del UDRE0. A medida que se cargaban los datos, eran enviados y su valor limpiado, por lo cual la interrupción volvía a ejecutarse. A medida que esto ocurría, se incrementaban los punteros de la tabla para ir enviando letra a letra al dispositivo móvil. Una vez llegado al final, se inhabilitó nuevamente esta funcionalidad ya que sino queda enviando datos produciendo errores.

Las interrupciones utilizadas fueron:

- **OC1Aaddr:** Interrupción asociada al timer 1.
- **OC0Aaddr:** Interrupción asociada al timer 0.
- **ADCCAddr:** Interrupción asociada a la conversión analógica digital.
- **URXCAddr:** Interrupción asociada a la recepción de datos por USART.
- **UDREAddr:** Interrupción asociada al vaciado del UDRE0 para envío de datos.

6. Conclusiones y posibles mejoras

Conclusiones:

- El objetivo principal del proyecto se cumplió con éxito, y el dispositivo puede recibir, bajo ciertas limitaciones, una matriz QR impresa en una hoja de papel, guardar su contenido en la memoria del microcontrolador, procesarlo y enviar el mensaje que contiene el código a un dispositivo celular que tenga conexión por bluetooth y la aplicación adecuada. En este sentido, puede decirse que el trabajo realizado resultó muy satisfactorio, y que el objetivo de fondo que contiene la implementación de un trabajo de esta magnitud (el cual fue aprender a utilizar correctamente las herramientas del microprocesador) también se realizó con éxito.
- Junto con la programación necesaria para utilizar las herramientas del micro, también se realizaron diversas tareas de *hardware* que permitieron ampliar nuestros conocimientos sobre la electrónica.
- Luego de finalizar el proyecto, pudimos tomar noción de qué tan importante es la planificación y el conocimiento de lo que se va a hacer y cómo, ya que esto permite saber cuánto tiempo insumir en cada tarea y darle margen a los errores que se presentarán para poder resolverlos. Además, se entendió que existe la posibilidad de que una mala decisión al principio, afecte el desarrollo del proyecto, produciendo así que los tiempos no alcancen y no se logre cumplir el objetivo. El trabajo en equipo y la división de tareas al inicio fue fundamental para ir avanzando, ya que nos resultaba muy difícil juntarnos con frecuencia. Así, cada uno avanzó en las tareas correspondientes, logrando que los tiempos alcanzaran al final del cuatrimestre.

Posibles mejoras a realizar:

- La mejora fundamental que podría realizarse es la de automatizar completamente el proceso de lectura, logrando que el motor vertical dé pequeños saltos de manera constante sin desplazarse por demás o mover la hoja. Para ello, debería comprobarse su comportamiento con un motor paso a paso en lugar del utilizado. Además, podría implementarse la técnica del PWM para avanzar el motor horizontal. Este método no se consideró en los planes originales ya que, en un principio, la acción del motor para recorrer una fila se limita a avanzar el motor con una única velocidad. Además, utilizar este método hace que sea mucho más complejo el proceso de identificación de cada punto.
- Consideramos que sea posible mejorar la parte del programa que se encarga de la decodificación implementando una forma de almacenamiento por filas y un código hecho en C. Esto facilitaría la programación y daría la posibilidad de utilizar diferentes tipos de lectura, pero con la desventaja de que sería necesario más memoria para contener el código y las filas escaneados. Debe mencionarse que utilizar Assembler para la decodificación, siempre implica analizar bit a bit la situación, por lo cual no es posible reemplazarlo por algo que no sea engorroso de programar.
- El circuito que controlaba los motores y la tira de leds podría ser reemplazado por algo más pequeño y que realice un menor consumo de energía, ya que notamos que el regulador de tensión aumentaba bastante su temperatura, teniendo que apagar el dispositivo cada vez que se terminaba de utilizar o colocando un disipador.
- Otra cosa que se podría mejorar, es un algoritmo de control para saber cuándo es necesario realizar nuevamente la lectura de datos.

7. Código

```

1
2 ;*****;
3 ; PROYECTO FINAL: ESCANEEO, DECODIFICACIÓN Y ENVÍO DE UN CÓDIGO QR
4 ;*****;
5
6
7
8
9 ;*****;
10 ;BLOQUE DE DEFINICIONES
11
12 .include "m328Pdef.inc"
13 .include "macros.inc"
14
15 ;; SE DEFINE UN REGISTRO DE I/O, "SCANNER", CON LOS FLAGS NECESARIOS PARA EL ESCANEEO
16 .equ SCANNER = GPIOR0
17 .equ COLOR = 0 ; Negro=1, Blanco=0
18 .equ ESCANEANDO = 1 ; Flag para la conversión del ADC
19 .equ CAMBIO_COLOR = 2 ; Flag para el cálculo de los bits leídos
20 .equ FIN_COLUMNA = 3
21 .equ AVANZO_CASILLA = 4
22 .equ FLAG_BLUETOOTH = 5 ;Flags para la recepción por bluetooth
23 .equ FLAG_BLUETOOTH_VACIO = 6
24
25 ;; SE DEFINE UN REGISTRO, "MOTORES", CON LOS FLAGS NECESARIOS PARA VIGILAR EL ESTADO DE LOS MOTORES
26 .def MOTORES = r31
27 .equ MOTOR_H_ENABLE = 0
28 .equ MOTOR_H_STOP_FLAG = 1
29 .equ MOTOR_H_DIR = 2 ;DIR=FORWARD=1, DIR=REVERSE=0
30 .equ MOTOR_V_ENABLE = 3
31 .equ MOTOR_V_STOP_FLAG = 4
32 .equ MOTOR_V_DIR = 5
33
34 ;; REGISTROS Y CONSTANTES PERSONALIZADOS
35 .equ LIMITE_FLANCOS = 255 ;Número de flancos que corresponden al tiempo que
36 ;tarda el motor Horizontal en recorrer el ancho de la página
37 .equ TAMANIO_CASILLA = 13 ;Número de flancos que corresponden al largo de una casilla
38 .equ CORTE_POR_REDONDEO = TAMANIO_CASILLA - 9
39 .equ CANTIDAD_FILAS = 21
40 .equ CANTIDAD_COLUMNS = 21
41 .equ ULTIMO_BIT_DE_FILA = CANTIDAD_COLUMNS - 1
42 .equ ULTIMO_BIT_DE_COLUMNA = CANTIDAD_FILAS - 1
43 .equ BAUD_RATE = 0x67 ;Este es el valor que debe ponerse para tener un baud rate de 9600, que es el que usa el hc 05.
44 .equ CHARACTER_FIN = '/' ;Caracter con el que terminará el código QR
45 .equ INICIO_TABLA = 0x0100
46

```

```

47 .def CERO = r0 ;Registros utilizados para una prueba de envío
48 .def UNO = r1
49 .def CANT = r3 ;Cantidad de bits leídos del mismo color
50 .def SIZE = r4 ;Registro que guarda el tamaño de un bit
51 .def SIZE_2 = r5
52
53 .def rtemp1 = r16 ;Registros auxiliares
54 .def rtemp2 = r17
55 .def BIT_ACTUAL = r18 ;Posición actual del motor en una columna.
56 .def POS_INICIAL = r8 ;Estos dos registros sirven para calcular la cantidad de bits que se leyeron del mismo color
57 .def POS_FINAL = r9
58
59 ;; REGISTROS PARA LA DECODIFICACIÓN
60 .def CONT_H = r19 ;Cuenta la cantidad de columnas leídas
61 .def CANT_LETRAS_LEIDAS = r6 ;Cuenta la cantidad de letras decodificadas
62 .def LENGTH = r7
63 .def ACUM1 = r23 ;La idea de estos acumuladores es ir sosteniendo los valores ya procesados, que luego se guardan en SRAM
64 .def ACUM2 = r24
65 .def ACUM3 = r25
66 .def ACUM4 = r28
67 .def ACUM5 = r29
68 .def ACUM6 = r30
69
70 .equ B7 = 0x80
71 .equ B6 = 0x40
72 .equ B5 = 0x20
73 .equ B4 = 0x10
74 .equ B3 = 0x08
75 .equ B2 = 0x04
76 .equ B1 = 0x02
77 .equ B0 = 0x01
78
79 ;; DEFINICIÓN DE LOS PUERTOS
80 .equ MOTOR_H_OUT1_PORT_DIR = DDRD ;Motores HORIZONTAL y VERTICAL.
81 .equ MOTOR_H_OUT1_PORT = PORTD ;Cada motor tiene dos pines (OUT1 y OUT2) que controlan la
82 .equ MOTOR_H_OUT1_PIN = 6 ;su movimiento:
83 .equ MOTOR_H_OUT2_PORT_DIR = DDRD ; forward --> OUT1=0, OUT2=1
84 .equ MOTOR_H_OUT2_PORT = PORTD ; reverse --> OUT1=1, OUT2=0
85 .equ MOTOR_H_OUT2_PIN = 7 ; stop --> OUT1=0, OUT2=0
86 .equ MOTOR_H_ENABLE_PORT_DIR = DDRB ;Además, cada motor tiene un ENABLE que habilita su funcionamiento.
87 .equ MOTOR_H_ENABLE_PORT = PORTB
88 .equ MOTOR_H_ENABLE_PIN = 0
89 .equ MOTOR_V_OUT1_PORT_DIR = DDRD
90 .equ MOTOR_V_OUT1_PORT = PORTD
91 .equ MOTOR_V_OUT1_PIN = 2
92 .equ MOTOR_V_OUT2_PORT_DIR = DDRD
93 .equ MOTOR_V_OUT2_PORT = PORTD
94 .equ MOTOR_V_OUT2_PIN = 3
95 .equ MOTOR_V_ENABLE_PORT_DIR = DDRB
96 .equ MOTOR_V_ENABLE_PORT = PORTB
97 .equ MOTOR_V_ENABLE_PIN = 1
98
99 .equ COUNTER0_PORT_DIR = DDRD ;Configuración de los puertos utilizados como contadores externos,
100 .equ COUNTER0_PIN = 4 ;conectados a los encoders del motors
101 .equ COUNTER1_PORT_DIR = DDRD
102 .equ COUNTER1_PIN = 5
103
104 .equ SENSOR_INPUT_PORT_DIR = DDRC ;Entrada analógica del sensor de luz.
105 .equ SENSOR_INPUT_PIN = 1
106
107 .equ SENSOR_LED_PORT_DIR = DDRC ;Led que viene con el sensor. No fue necesario su utilización,
108 .equ SENSOR_LED_PORT = PORTC ;pero se configura para mantenerlo apagado.
109 .equ SENSOR_LED_PIN = 0
110
111 .equ LED_PRUEBA_PORT_DIR = DDRB ;Led de prueba, de la placa de Arduino UNO.
112 .equ LED_PRUEBA_PORT = PORTB
113 .equ LED_PRUEBA_PIN = 5
114
115
116
117 ;*****
118 ;COMIENZO DEL PROGRAMA
119
120 ;; Tabla de interrupciones
121 .org 0x0000
122 rjmp inicio
123 .org OC1Aaddr
124 rjmp counter1_int_handler
125 .org OC0Aaddr
126 rjmp counter0_int_handler
127 .org ADCCaddr
128 rjmp adc_int_handler
129 .org URXCaddr
130 rjmp urx_int_handler ;Interrupción producida por la recepción de datos
131 .org UDREaddr
132 rjmp udre_int_handler
133 .org INT_VECTORS_SIZE
134
135
136 inicio:
137 ;; Configuraciones varias (ver sección "FUNCIONES DE CONFIGURACIÓN")
138 ldi rtemp1, HIGH(RAMEND)
139 out sph, rtemp1
140 ldi rtemp1, LOW(RAMEND)
141 out spl, rtemp1
142 rcall configurar_puertos
143 rcall configurar_adc
144 rcall configurar_contadores

```



```

145 ;; Inicialización de los registros que se van a utilizar
146 inicializacion_registros:
147 ldi XL, LOW(INICIO.TABLA) ;Puntero a la tabla donde se guarda el código
148 ldi XH, HIGH(INICIO.TABLA)
149 ldi rtemp1, '0' ;Ascii para cero y uno (Esto se utilizó para una prueba de lectura y envío)
150 mov CERO, rtemp1
151 ldi rtemp1, '1'
152 mov UNO, rtemp1
153 ldi rtemp1, TAMANIO.CASILLA ;Esto se usa después para calcular los bits escaneados. Ver "calcular_bits_leidos".
154 mov SIZE, rtemp1
155 ldi rtemp1, CORTE.POR.REDONDEO
156 mov SIZE.2, rtemp1
157 eor r20, r20 ;Registros varios que se usan en el escaneo. r20, r21 y r22 se usan
158 eor r21, r21 ;para guardar los bits de cada columna.
159 eor r22, r22
160 eor CONT.H, CONT.H
161 eor BIT.ACTUAL, BIT.ACTUAL
162 eor CANT, CANT
163 cbi SCANNER, FLAG.BLUETOOTH ;Flags varios
164 cbi SCANNER, AVANZO.CASILLA
165 cbi SCANNER, FIN.COLUMNNA
166 eor ACUM1, ACUM1 ;Registros para la decodificación
167 eor ACUM2, ACUM2
168 eor ACUM3, ACUM3
169 eor ACUM4, ACUM4
170 eor ACUM5, ACUM5
171 eor ACUM6, ACUM6
172 ldi rtemp1, 0x00
173 mov CANT.LETRAS.LEIDAS, rtemp1
174 ldi rtemp1, 0x1A
175 mov LENGTH, rtemp1 ;Inicializo el valor de length con la mayor cantidad de datos que puedo llegar a leer.
176
177
178 ;; Hasta acá se realizaron las configuraciones necesarias para empezar el programa.
179 ;; Ahora se realiza la primera lectura del ADC.
180 primera_conversion_adc:
181 sei ;Se habilitan las interrupciones.
182 sbi SCANNER, ESCANEANDO
183 lds rtemp1, ADCSRA
184 sbr rtemp1, 1<<ADSC ;Se indica que el ADC está escaneando, y se habilita para que empiece
185 sts ADCSRA, rtemp1
186 esperar_primera_conversion:
187 sbic SCANNER, ESCANEANDO ;Si no terminó la conversión del ADC, ESCANEANDO=1
188 rjmp esperar_primera_conversion
189 sbi SCANNER, ESCANEANDO
190 call leer_datos_adc ;Con esto, se configura el color que se está leyendo cuando empieza a leer
191 cbi SCANNER, CAMBIO.COLOR
192
193 ;; Se espera a recibir datos del bluetooth por interrupción. Pueden pasar tres cosas:
194 ;; 1: se pide enviar datos al celular,
195 ;; 2: se pide mover el motor VERTICAL, o
196 ;; 3: se pide mover el motor HORIZONTAL para leer una nueva columna.
197 esperar_recibir_datos:
198 sbic SCANNER, FLAG.BLUETOOTH ;Si FLAG.BLUETOOTH=1, se recibieron datos.
199 rjmp RECIBIR.DATOS
200 rjmp esperar_recibir_datos
201 RECIBIR.DATOS:
202 cbi SCANNER, FLAG.BLUETOOTH
203 LOAD rtemp2, UDR0 ;Levanto en R17 el valor recibido por puerto serie.
204 CPI rtemp2, 'r' ;La app envía el caracter 'r' si solicita recibir datos. En caso de ser así, va a ENVIAR.DATOS
205 BREQ ENVIAR.DATOS
206 CPI rtemp2, '1' ;La app envía el caracter '1' si desea encender motores.
207 breq leer_columna
208 cpi rtemp2, '+'
209 breq avanzar_motor_V
210 cpi rtemp2, '-'
211 breq retroceder_motor_V
212 rjmp esperar_recibir_datos
213
214
215 ;; Opción 1: se pide enviar datos al celular
216 VOLVER.A.ENVIAR: ;Función para enviar datos al celular
217 sbis SCANNER, FLAG.BLUETOOTH.VACIO ;Espera a que el valor se haya enviado.
218 rjmp VOLVER.A.ENVIAR
219 LDI rtemp1, (1<<RXEN0)|(1<<TXEN0)|(1<<RXCIE0) ;Deshabilito la interrupción de UDRE0.
220 STORE UCSR0B, rtemp1
221 cbi SCANNER, FLAG.BLUETOOTH.VACIO
222 ENVIAR.DATOS: ;Se lee la tabla de SRAM hasta el CARACTER_FIN (donde termina el mensaje), y se envían por puerto serie.
223 ldi rtemp2, X+
224 cpi rtemp2, CARACTER_FIN ;Si llegó al final del mensaje, termina el envío.
225 breq SALIR
226 STORE UDR0, rtemp2 ;Carga en UDR0 el valor a enviar
227 LDI rtemp1, (1<<RXEN0)|(1<<TXEN0)|(1<<UDRIE0)|(1<<RXCIE0) ;Habilita la interrupción de UDRE0 vacío
228 STORE UCSR0B, rtemp1 ;Carga el valor de la configuración
229 RJMP VOLVER.A.ENVIAR
230
231 SALIR: ;Función para deshabilitar el envío de datos.
232 LDI rtemp2, ' '
233 STORE UDR0, rtemp2 ;Cargo este caracter para darle un cierre al mensaje.
234 LDI rtemp1, (1<<RXEN0)|(1<<TXEN0)|(1<<RXCIE0) ;Deshabilito la interrupción de UDRE0 para que no enloquezca.
235 STORE UCSR0B, rtemp1
236 ldi XL, LOW(INICIO.TABLA)
237 ldi XH, HIGH(INICIO.TABLA)
238 cbi SCANNER, FLAG.BLUETOOTH
239 rjmp esperar_recibir_datos
240
241
242 ;;Opción 2: Se pide mover el motor VERTICAL en alguna dirección, para calibrar la hoja.
243 avanzar_motor_V:

```

```

244 cbi SCANNER,AVANZO_CASILLA
245 rcall motor_B_forward
246 esperar_motorV:
247 sbis SCANNER,AVANZO_CASILLA
248 rjmp esperar_motorV
249 rcall motor_B_stop
250 cbi SCANNER,AVANZO_CASILLA
251 cbi SCANNER,FLAG.BLUETOOTH
252 rjmp esperar_recibir_datos
253
254 retroceder_motor_V:
255 rcall motor_B_reverse
256 rcall delay
257 rcall motor_B_stop
258 cbi SCANNER,FLAG.BLUETOOTH
259 rjmp esperar_recibir_datos
260
261
262 ;; Opción 3: se pide leer una nueva columna. Aquí comienza el proceso de escaneo y decodificación.
263 leer_columna:
264 eor BIT_ACTUAL,BIT_ACTUAL
265 eor r20,r20
266 eor r21,r21
267 eor r22,r22
268 rcall guardar_primer_bit ; Se guarda el primer bit de la columna, mientras el carro está quieto
269 ldi rtemp1,0x00
270 sts TCNT1H,rtemp1
271 sts TCNT1L,rtemp1
272 rcall motor_A_forward
273 avanzar_con_motor_H:
274 sbic SCANNER,FIN_COLUMNA
275 rjmp leer_ultimos_bit
276 rcall leer_datos_adc
277 sbis SCANNER,CAMBIO.COLOR
278 rjmp avanzar_con_motor_H
279 lds POS_FINAL,TCNT1L
280 cbi SCANNER,CAMBIO.COLOR
281 rcall calcular_bits_leidos
282 mov POS_INICIAL,POS_FINAL
283 rcall guardar_bits_en_registros
284 rjmp avanzar_con_motor_H
285 leer_ultimos_bit:
286 rcall motor_A_stop
287 ldi rtemp1,LIMITE_FLANCOS
288 mov POS_FINAL,rtemp1
289 rcall calcular_bits_leidos
290 mov POS_INICIAL,POS_FINAL
291 ldi rtemp1,(1<<COLOR) ;toggle del color para seguir guardando con la misma lógica
292 in rtemp2,SCANNER
293 eor rtemp2,rtemp1
294 out SCANNER,rtemp2
295 rcall guardar_bits_en_registros
296 lsl r22
297 lsl r22
298 lsl r22
299 volver_a_inicio:
300 cbi SCANNER,FIN_COLUMNA
301 ldi rtemp1,0x00
302 sts TCNT1H,rtemp1
303 sts TCNT1L,rtemp1
304 rcall motor_A_reverse
305 seguir_retrocediendo:
306 sbis SCANNER,FIN_COLUMNA
307 rjmp seguir_retrocediendo
308 rcall motor_A_stop
309 cbi SCANNER,FIN_COLUMNA
310 rcall decodificar_linea
311 cbi SCANNER,FLAG.BLUETOOTH
312 rjmp esperar_recibir_datos
313
314
315 ;*****;
316 ;FUNCIONES DE CONFIGURACIÓN
317
318 ;; Función para configurar los puertos utilizados.
319 configurar_puertos:
320 push rtemp1
321 ;; LED DE PRUEBA
322 ldi rtemp1,0xff
323 out LED_PRUEBA_PORT_DIR,rtemp1
324 out LED_PRUEBA_PORT,rtemp1
325 cbi LED_PRUEBA_PORT,LED_PRUEBA_PIN
326 ;; INPUT SENSOR
327 cbi SENSOR_INPUT_PORT_DIR,SENSOR_INPUT_PIN ;Input = Sensor de luz
328 sbi SENSOR_LED_PORT_DIR,SENSOR_LED_PIN ;Output = Led del sensor de luz
329 cbi SENSOR_LED_PORT,SENSOR_LED_PIN ;Se configura el estado inicial del led reflectivo en apagado.
330 ;; CONTADORES
331 cbi COUNTER0_PORT_DIR,COUNTER0_PIN ;Input = Encoder del motor A
332 cbi COUNTER1_PORT_DIR,COUNTER1_PIN ;Input = Encoder del motor B
333 ;; MOTOR HORIZONTAL (MUEVE EL CARRITO)
334 sbi MOTOR_H_OUT1_PORT_DIR,MOTOR_H_OUT1_PIN ;Output = motor horizontal
335 sbi MOTOR_H_OUT2_PORT_DIR,MOTOR_H_OUT2_PIN
336 sbi MOTOR_H_ENABLE_PORT_DIR,MOTOR_H_ENABLE_PIN
337 rcall motor_A_stop
338 sbi MOTOR_H_ENABLE_PORT_DIR,MOTOR_H_ENABLE_PIN
339 ;; MOTOR VERTICAL (MUEVE EL RODILLO)
340 sbi MOTOR_V_OUT1_PORT_DIR,MOTOR_V_OUT1_PIN ;Output = motor vertical
341 sbi MOTOR_V_OUT2_PORT_DIR,MOTOR_V_OUT2_PIN

```

```

342 sbi MOTOR_V_ENABLE_PORT_DIR, MOTOR_V_ENABLE_PIN
343 rcall motor_B_stop
344 sbi MOTOR_V_ENABLE_PORT_DIR, MOTOR_V_ENABLE_PIN
345 ;; BLUETOOTH Y PUERTO SERIE.
346 ;; Setear el bit rxcie0 habilita la interrupción del flag rxc del ucsr0a.
347 ;; Al completar la recepción, rxc se setea a high.
348 ;; Si rxcie0 = 1, cambiar rxc a uno fuerza la interrupción.
349 ;; Setear el bit udrie0 (usart data register empty interrupt enable).
350 ;; Cuando el udr0 esta listo para recibir nuevos datos, el UDRE (usart data register empty flag) se pone en 1.
351 ;; Si UDRIE0 = 1 y si se pone UDRE en 1, fuerza la interrupción.
352 ldi rtemp1, (1<<RXEN0)|(1<<TXEN0)|(1<<RXCIE0) ;habilito como transmisor, receptor y habilito interrupciones de recepcion
353 store UCSR0B, rtemp1
354 ldi rtemp1, (1<<UCSZ01)|(1<<UCSZ00)|(1<<UMSEL01) ;8 bit data, sin paridad y 1 bit de parada.
355 STORE UCSR0C, rtemp1
356 ldi rtemp1, BAUD_RATE ;9600 baud rate
357 STORE UBRR0L, rtemp1
358 pop rtemp1
359 ret
360
361 ;; Función para configurar el ADC
362 configurar_adc:
363 push rtemp1
364 ldi rtemp1, (1<<REFS0) | 0x01 ; Referencia=VCC. Entrada=ADC1=PC1.
365 sts ADMUX, rtemp1 ;Ajustado a izquierda
366 ldi rtemp1, (1<<ADEN)|(1<<ADIF)|(1<<ADSC)|(1<<ADIFR) | 0x04 ;Habilitar ADC. Habilitar interrupcion.
367 sts ADCSRA, rtemp1 ;Prescaler=ck/16.
368 ldi rtemp1, 0
369 sts ADCSRB, rtemp1
370 pop rtemp1
371 ret
372
373 ;; Función de configuración de los timers/contadores.
374 configurar_contadores:
375 rcall config_timer1
376 rcall config_timer0
377 ret
378 config_timer1:
379 push rtemp1
380 ldi rtemp1, HIGH(LIMITE_FLANCOS)
381 sts OCR1AH, rtemp1
382 ldi rtemp1, LOW(LIMITE_FLANCOS)
383 sts OCR1AL, rtemp1
384 ldi rtemp1, 0
385 sts TCCR1A, rtemp1
386 ldi rtemp1, (1<<WGM12)|(1<<CS12)|(1<<CS11)|(1<<CS10) ;Configurado en modo CTC, con clock externo en T1
387 sts TCCR1B, rtemp1
388 ldi rtemp1, (1<<OCIE1A) ;Habilitar interrupciones
389 sts TIMSK1, rtemp1
390 ldi rtemp1, (1<<OCF1A)
391 out TIFR1, rtemp1
392 pop rtemp1
393 ret
394 config_timer0:
395 push rtemp1
396 ldi rtemp1, 2
397 out OCR0A, rtemp1
398 ldi rtemp1, (1<<WGM01)
399 out TCCR0A, rtemp1
400 ldi rtemp1, (1<<CS02)|(1<<CS01)|(1<<CS00) ;Configurado en modo CTC, con clock externo en T0
401 out TCCR0B, rtemp1
402 ldi rtemp1, (1<<OCIE0A) ;Habilitar interrupciones
403 sts TIMSK0, rtemp1
404 ldi rtemp1, (1<<OCF0A)
405 out TIFR0, rtemp1
406 pop rtemp1
407 ret
408
409 ;; Manejo de las interrupciones
410 adc_int_handler:
411 cbi SCANNER, ESCANEANDO
412 reti
413 counter1_int_handler:
414 sbi SCANNER, FIN_COLUMNA
415 reti
416 counter0_int_handler:
417 sbi SCANNER, AVANZO_CASILLA
418 reti
419 udre_int_handler:
420 sbi SCANNER, FLAG_BLUETOOTH_VACIO
421 reti
422 urx_int_handler:
423 sbi SCANNER, FLAG_BLUETOOTH
424 reti
425
426 ;*****
427 ;FUNCIONES AUXILIARES
428
429 ;; Rutina de delay usando el Timer2
430 delay:
431 push rtemp2
432 eor rtemp2, rtemp2
433 loop_delay:
434 rcall delay_timer2
435 inc rtemp2
436 cpi rtemp2, 3
437 brne loop_delay
438 pop rtemp2
439 ret
440 delay_timer2:

```

```

441  push rtemp1
442  ldi rtemp1,0
443  sts TCNT2, rtemp1      ;Valor inicial
444  ldi rtemp1,100
445  sts OCR2A,rtemp1      ;Umbral
446  ldi rtemp1,(1<<WGM21)
447  sts TCCR2A,rtemp1      ;Modo CTC
448  ldi rtemp1,(1<<CS22)|(1<<CS21)|(1<<CS20)
449  sts TCCR2B,rtemp1
450  again:
451  in rtemp1,TIFR2
452  sbrs rtemp1,OCF2A
453  rjmp again
454  ldi rtemp1,0          ;Detener Timer
455  sts TCCR2B,rtemp1
456  ldi rtemp1,(1<<OCF2A)
457  out TIFR2,rtemp1
458  pop rtemp1
459  ret
460
461  ;; Funciones para controlar los motores
462  motor_A_forward:
463  cbi MOTOR_H.OUT1.PORT,MOTOR_H.OUT1.PIN
464  sbi MOTOR_H.OUT2.PORT,MOTOR_H.OUT2.PIN
465  sbr MOTORES,1<<MOTOR_H.DIR
466  cbr MOTORES,1<<MOTOR_H.STOP.FLAG
467  ret
468  motor_A_stop:
469  cbi MOTOR_H.OUT1.PORT,MOTOR_H.OUT1.PIN
470  cbi MOTOR_H.OUT2.PORT,MOTOR_H.OUT2.PIN
471  sbr MOTORES,1<<MOTOR_H.STOP.FLAG
472  ret
473  motor_A_reverse:
474  sbi MOTOR_H.OUT1.PORT,MOTOR_H.OUT1.PIN
475  cbi MOTOR_H.OUT2.PORT,MOTOR_H.OUT2.PIN
476  sbr MOTORES,1<<MOTOR_H.DIR
477  cbr MOTORES,1<<MOTOR_H.STOP.FLAG
478  ret
479  motor_B_forward:
480  cbi MOTOR_V.OUT1.PORT,MOTOR_V.OUT1.PIN
481  sbi MOTOR_V.OUT2.PORT,MOTOR_V.OUT2.PIN
482  sbr MOTORES,1<<MOTOR_V.DIR
483  cbr MOTORES,1<<MOTOR_V.STOP.FLAG
484  ret
485  motor_B_stop:
486  cbi MOTOR_V.OUT1.PORT,MOTOR_V.OUT1.PIN
487  cbi MOTOR_V.OUT2.PORT,MOTOR_V.OUT2.PIN
488  sbr MOTORES,1<<MOTOR_V.STOP.FLAG
489  ret
490  motor_B_reverse:
491  sbi MOTOR_V.OUT1.PORT,MOTOR_V.OUT1.PIN
492  cbi MOTOR_V.OUT2.PORT,MOTOR_V.OUT2.PIN
493  sbr MOTORES,1<<MOTOR_V.DIR
494  cbr MOTORES,1<<MOTOR_V.STOP.FLAG
495  ret
496
497  ;; Función para procesar los datos del ADC. Cuando se sale de esta función,
498  ;; se sabe qué color se está leyendo y si hubo un cambio de color con
499  ;; respecto a la última vez que se llamó a esta función.
500  leer_datos_adc:
501  push rtemp1
502  push rtemp2
503  lds rtemp1,ADCL
504  lds rtemp2,ADCH
505  comparar_con_umbral:
506  cpi rtemp2,0x01
507  breq chequear_blanco
508  cpi rtemp2,0x02
509  breq chequear_blanco2      ;Si pasa esto, veo si es blanco
510  cpi rtemp2,0x03
511  breq chequear_negro      ;Si pasa esto, veo si es negro
512  rjmp terminar_conversion  ;Si llegó hasta acá, estoy leyendo ruido
513  chequear_blanco:
514  cpi rtemp1,180      ;Cota inferior de blanco
515  brsh es_blanco
516  rjmp terminar_conversion
517  chequear_blanco2:
518  cpi rtemp1,80
519  brlo es_blanco
520  rjmp terminar_conversion
521  es_blanco:
522  sbic SCANNER,COLOR
523  sbi SCANNER,CAMBIO.COLOR
524  cbi SCANNER,COLOR
525  rjmp terminar_conversion
526  chequear_negro:
527  cpi rtemp1,0      ;Cota inferior negro
528  brsh es_negro
529  rjmp terminar_conversion
530  es_negro:
531  sbis SCANNER,COLOR
532  sbi SCANNER,CAMBIO.COLOR
533  sbi SCANNER,COLOR
534  rjmp terminar_conversion
535  terminar_conversion:
536  pop rtemp1
537  pop rtemp2
538  ret
539

```

```

540 ;; Función para guardar el primer bit de la columna.
541 guardar_primer_bit:
542     set
543     sbis SCANNER,COLOR
544     clt
545     bld r20,0
546     eor POS.INICIAL,POS.INICIAL
547     ret
548
549 ;; Esta función se llama cuando hubo un cambio de color y se utiliza para
550 ;; calcular cuántos bits del mismo color se leyeron.
551 calcular_bits_leidos:
552     push rtemp1
553     mov rtemp1,POS.FINAL
554     sub rtemp1,POS.INICIAL
555     cp rtemp1,SIZE
556     brlo redondear
557 dividir:
558     sub rtemp1,SIZE
559     inc CANT
560     cp rtemp1,SIZE
561     brlo redondear
562     rjmp dividir
563 redondear:
564     cp rtemp1,SIZE_2
565     brlo terminar_division
566     inc CANT
567 terminar_division:
568     pop rtemp1
569     ret
570
571 ;; Luego de calcular la cantidad de bits que se leyeron y se guardan en CANT,
572 ;; se llama a esta función para guardarlos en r20, r21 y r22.
573 guardar_bits_en_registros:
574     set
575     sbic SCANNER,COLOR
576     clt ; Se guarda el color leído en flag T.
577 donde_estoy:
578     cpi BIT.ACTUAL,0x10
579     brsh guardar_en_r22
580     cpi BIT.ACTUAL,0x08
581     brsh guardar_en_r21
582 guardar_en_r20:
583     tst CANT
584     breq terminar_guardado
585     lsl r20
586     bld r20,0
587     dec CANT
588     inc BIT.ACTUAL
589     rjmp donde_estoy
590 guardar_en_r21:
591     tst CANT
592     breq terminar_guardado
593     lsl r21
594     bld r21,0
595     dec CANT
596     inc BIT.ACTUAL
597     rjmp donde_estoy
598 guardar_en_r22:
599     tst CANT
600     breq terminar_guardado
601     lsl r22
602     bld r22,0
603     dec CANT
604     inc BIT.ACTUAL
605     rjmp donde_estoy
606 terminar_guardado:
607     ret
608
609
610 ;; Función de decodificación QR. (Desde acá hasta el final del código se encuentra la función que se encarga de
611 decodificar).
612 desenmascarar:
613     ldi rtemp1,0xff
614     eor r20,rtemp1
615     eor r21,rtemp1
616     eor r22,rtemp1
617     rjmp continuar_sin_mascara
618 decodificar_linea:
619 ;; Lo primero que se hace es sacarle la máscara al código, la cual se conoce previamente.
620     cpi CONT.H,20
621     breq desenmascarar
622     cpi CONT.H,17
623     breq desenmascarar
624     cpi CONT.H,11
625     breq desenmascarar
626     cpi CONT.H,8
627     breq desenmascarar
628     cpi CONT.H,5
629     breq desenmascarar
630     cpi CONT.H,2
631     breq desenmascarar
632 continuar_sin_mascara:
633 ;; Veo en que columna estoy parado y en base a eso llamo al método para decodificar
634     CP LENGTH, CANT.LETRAS-LEIDAS
635     BREQ salto_a_fin
636     CPI CONT.H, 0x00 ;Es primera columna (col 0)
637     BRNE no_es_cero
638     JMP leo_tipo_1A

```

```

638 salto_a_fin:
639     JMP FIN
640 no_es_cero:
641     CPI CONT_H, 0x01 ;Es segunda columna (col 1)
642     BRNE no_es_uno
643     JMP leo_tipo_1B
644 no_es_uno:
645     CPI CONT_H, 0x02 ;Es tercera columna (col 2)
646     BRNE no_es_dos
647     JMP leo_tipo_2A
648 no_es_dos:
649     CPI CONT_H, 0x03 ;Es cuarta columna (col 3)
650     BRNE no_es_tres
651     JMP leo_tipo_2B
652 no_es_tres:
653     CPI CONT_H, 0x04 ;Es quinta columna (col 4)
654     BRNE no_es_cuatro
655     JMP leo_tipo_1A
656 no_es_cuatro:
657     CPI CONT_H, 0x05 ;Es sexta columna (col 5)
658     BRNE no_es_cinco
659     JMP leo_tipo_1B
660 no_es_cinco:
661     CPI CONT_H, 0x06 ;Es septima columna (col 6)
662     BRNE no_es_seis
663     JMP leo_tipo_2A
664 no_es_seis:
665     CPI CONT_H, 0x07 ;Es octava columna (col 7)
666     BRNE no_es_siete
667     JMP leo_tipo_2B
668 no_es_siete:
669     CPI CONT_H, 0x08 ;Es novena columna (col 8)
670     BRNE no_es_ocho
671     JMP leo_tipo_1A
672 no_es_ocho:
673     CPI CONT_H, 0x09 ;Es decima columna (col 9)
674     BRNE no_es_nueve
675     JMP leo_tipo_1B
676 no_es_nueve:
677     CPI CONT_H, 0x0A ;Es onceava columna (col 10)
678     BRNE no_es_diez
679     JMP leo_tipo_2A
680 no_es_diez:
681     CPI CONT_H, 0x0B ;Es doceava columna (col 11)
682     BRNE no_es_once
683     JMP leo_tipo_2B
684 no_es_once:
685     CPI CONT_H, 21 ;Es doceava columna (col 11)
686     BREQ FIN
687     INC CONT_H
688     RET
689 FIN:
690     LDI ACUM1, CARACTER_FIN ;Guardo caracter de fin para luego saber hasta donde tengo que leer por bluetooth
691     RCALL guardo_acum1
692     LDI XL, LOW(INICIO_TABLA) ;Reinicio punteros
693     LDI XH, HIGH(INICIO_TABLA)
694     INC XL
695     INC XL
696 buscar_fin_mensaje: ;Si el byte que se lee empieza con 0000 significa que ahí es donde debería estar el caracter final
697     ld rtempl,X+
698     cpi rtempl,16
699     brsh buscar_fin_mensaje
700 encontrado:
701     dec XL
702     cpi XL,0xff
703     breq decrementar_parte_baja
704 guardar_caracter:
705     ldi rtempl,CARACTER_FIN
706     st X,rtempl
707     ldi XL,LOW(INICIO_TABLA)
708     ldi XH,HIGH(INICIO_TABLA)
709     RET
710 decrementar_parte_baja:
711     dec XH
712     rjmp guardar_caracter
713
714 ; ACÁ EMPIEZAN LOS MÉTODOS DE LECTURA Y DECODIFICACIÓN. LA REGLA ES: EL METODO DE BRCC
715 ; HACE REFERENCIA AL ORDEN DE LECTURA (VER EXCEL), Y EL SBR HACE REFERENCIA AL BIT A SETEAR.
716
717 ;PRIMER MÉTODO DE LECTURA
718 ;La columna tipo 1A tiene dos variantes, la primera es la que llega hasta la fila 12, la segunda finaliza en la 21
719 leo_tipo_1A:
720     ROL R20 ;En c ahora tengo el primer bit
721     BRCC quinto_bit_acum1_sigo ;Acum1.3
722     SBR ACUM1, B3
723 quinto_bit_acum1_sigo:
724     RCALL incremento_contador_verticalr20
725     BRCC septimo_bit_acum1_sigo ;Acum1.1
726     SBR ACUM1, B1
727     ;Acá termina primera parte de acum1 y empieza primera parte de acum2
728 septimo_bit_acum1_sigo:
729     RCALL incremento_contador_verticalr20
730     BRCC primer_bit_acum2_sigo ;Acum2.7
731     SBR ACUM2, B7
732 primer_bit_acum2_sigo:
733     RCALL incremento_contador_verticalr20
734     BRCC tercer_bit_acum2_sigo ;Acum2.5
735     SBR ACUM2, B5

```

```

736 tercer_bit_acum2_sigo:
737     RCALL incremento_contador_verticalr20
738     BRCC quinto_bit_acum2_sigo ;Acum2.3
739     SBR ACUM2, B3
740 quinto_bit_acum2_sigo:
741     RCALL incremento_contador_verticalr20
742     BRCC septimo_bit_acum2_sigo ;Acum2.1
743     SBR ACUM2, B1
744     ;Acá termina primera parte de acum2 y empieza primera parte de acum3
745 septimo_bit_acum2_sigo:
746     RCALL incremento_contador_verticalr20
747     BRCC primer_bit_acum3_sigo ;Acum3.7
748     SBR ACUM3, B7
749 primer_bit_acum3_sigo:
750     RCALL incremento_contador_verticalr20
751     BRCC tercer_bit_acum3_sigo ;Acum3.5
752     SBR ACUM3, B5
753     ;Acá termina r20
754 tercer_bit_acum3_sigo:
755     RCALL incremento_contador_verticalr21
756     BRCC quinto_bit_acum3_sigo ;Acum3.3
757     SBR ACUM3, B3
758 quinto_bit_acum3_sigo:
759     RCALL incremento_contador_verticalr21
760     BRCC septimo_bit_acum3_sigo ;Acum3.1
761     SBR ACUM3, B1
762     ;Acá termina primera parte de acum3 y empieza primera parte de acum4
763 septimo_bit_acum3_sigo:
764     RCALL incremento_contador_verticalr21
765     BRCC primer_bit_acum4_sigo ;Acum4.7
766     SBR ACUM4, B7
767 primer_bit_acum4_sigo:
768     RCALL incremento_contador_verticalr21
769     BRCC chequeo_fila ;Acum4.5
770     SBR ACUM4, B5
771     ;Se terminó la lectura de la primera columna, acá se debería esperar a que se vuelvan a llenar R20, R21 y R22
772     ;Si es tipo 1 C o D, debo seguir guardando en el acumulador el bit vertical, sino salto al final
773 chequeo_fila:
774     CPI CONT.H, 0x08
775     BRNE fin_columna1
776     ; Esta parte corresponde a si la columna es la ocho (hay que hacer otras cosas con los acumuladores).
777     es_columna8:
778     RCALL incremento_contador_verticalr21
779     BRCC septimo_bit_acum4_sigo_c8 ;Acum4.3
780     SBR ACUM4, B3
781 septimo_bit_acum4_sigo_c8:
782     RCALL incremento_contador_verticalr21
783     BRCC salto_linea ;Acum4.1
784     SBR ACUM4, B1
785 salto_linea: ;Linea que no tiene datos
786     RCALL incremento_contador_verticalr21 ;Roto un bit que no me interesa
787     RCALL incremento_contador_verticalr21
788     BRCC primer_bit_acum5_sigo_c8 ;Acum4.7
789     SBR ACUM5, B7
790 primer_bit_acum5_sigo_c8:
791     RCALL incremento_contador_verticalr22
792     BRCC tercer_bit_acum5_sigo_c8 ;Acum4.5
793     SBR ACUM5, B5
794     ;Acá termina r20
795 tercer_bit_acum5_sigo_c8:
796     RCALL incremento_contador_verticalr22
797     BRCC quinto_bit_acum5_sigo_c8 ;Acum4.3
798     SBR ACUM5, B3
799 quinto_bit_acum5_sigo_c8:
800     RCALL incremento_contador_verticalr22
801     BRCC septimo_bit_acum5_sigo_c8 ;Acum4.1
802     SBR ACUM5, B1
803 septimo_bit_acum5_sigo_c8:
804     RCALL incremento_contador_verticalr22
805     BRCC primer_bit_acum6_sigo_c8 ;Acum6.7
806     SBR ACUM6, B7
807     ;Acá termina r22
808 primer_bit_acum6_sigo_c8:
809     RCALL incremento_contador_verticalr22
810     BRCC fin_columna1 ;Acum6.5
811     SBR ACUM6, B5
812     ;Finaliz6 toda la columna
813 fin_columna1:
814     INC CONT.H
815     RET
816
817 ;SEGUNDO MÉTODO DE LECTURA
818 leo_tipo_1B:
819     ROL R20 ;En c ahora tengo el primer bit
820     BRCC sexto_bit_acum1_sigo ;Acum1.2
821     SBR ACUM1, B2
822 sexto_bit_acum1_sigo:
823     RCALL incremento_contador_verticalr20
824     BRCC octavo_bit_acum1_sigo ;Acum1.0
825     SBR ACUM1, B0
826     ;Acá termina primera parte de acum1 y empieza primera parte de acum2
827 octavo_bit_acum1_sigo:
828     RCALL incremento_contador_verticalr20
829     BRCC segundo_bit_acum2_sigo ;Acum2.6
830     SBR ACUM2, B6
831 segundo_bit_acum2_sigo:
832     RCALL incremento_contador_verticalr20
833     BRCC cuarto_bit_acum2_sigo ;Acum2.4

```

```

834 SBR ACUM2, B4
835 cuarto_bit_acum2_sigo:
836 RCALL incremento_contador_verticalr20
837 BRCC sexto_bit_acum2_sigo ;Acum2.2
838 SBR ACUM2, B2
839 sexto_bit_acum2_sigo:
840 RCALL incremento_contador_verticalr20
841 BRCC octavo_bit_acum2_sigo ;Acum2.0
842 SBR ACUM2, B0
843 ;Acá termina primera parte de acum2 y empieza primera parte de acum3
844 octavo_bit_acum2_sigo:
845 RCALL incremento_contador_verticalr20
846 BRCC segundo_bit_acum3_sigo ;Acum3.6
847 SBR ACUM3, B6
848 segundo_bit_acum3_sigo:
849 RCALL incremento_contador_verticalr20
850 BRCC cuarto_bit_acum3_sigo ;Acum3.4
851 SBR ACUM3, B4
852 ;Acá termina r20
853 cuarto_bit_acum3_sigo:
854 RCALL incremento_contador_verticalr21
855 BRCC sexto_bit_acum3_sigo ;Acum3.2
856 SBR ACUM3, B2
857 sexto_bit_acum3_sigo:
858 RCALL incremento_contador_verticalr21
859 BRCC octavo_bit_acum3_sigo ;Acum3.0
860 SBR ACUM3, B0
861 ;Acá termina primera parte de acum3 y empieza primera parte de acum4
862 octavo_bit_acum3_sigo:
863 RCALL incremento_contador_verticalr21
864 BRCC segundo_bit_acum4_sigo ;Acum4.6
865 SBR ACUM4, B6
866 segundo_bit_acum4_sigo:
867 RCALL incremento_contador_verticalr21
868 BRCC chequeo_fila2 ;Acum4.4
869 SBR ACUM4, B4
870 chequeo_fila2:
871 CPI CONT.H, 0x09
872 BRNE fin_columna2
873 ; Esta parte corresponde a si la columna es la nueve (hay que hacer otras cosas con los acumuladores).
874 es_columna9:
875 RCALL incremento_contador_verticalr21
876 BRCC sexto_bit_acum4_sigo_c9 ;Acum4.2
877 SBR ACUM4, B2
878 sexto_bit_acum4_sigo_c9:
879 RCALL incremento_contador_verticalr21
880 BRCC salto_linea_c9 ;Acum4.0
881 SBR ACUM4, B0
882 salto_linea_c9: ;Linea que no tiene datos
883 RCALL incremento_contador_verticalr21 ;Roto un bit que no me interesa
884 RCALL incremento_contador_verticalr21
885 BRCC segundo_bit_acum5_sigo_c9 ;Acum5.6
886 SBR ACUM5, B6
887 segundo_bit_acum5_sigo_c9:
888 RCALL incremento_contador_verticalr22
889 BRCC cuarto_bit_acum5_sigo_c9 ;Acum5.4
890 SBR ACUM5, B4
891 cuarto_bit_acum5_sigo_c9:
892 RCALL incremento_contador_verticalr22
893 BRCC sexto_bit_acum5_sigo_c9 ;Acum5.2
894 SBR ACUM5, B2
895 sexto_bit_acum5_sigo_c9:
896 RCALL incremento_contador_verticalr22
897 BRCC octavo_bit_acum5_sigo_c9 ;Acum5.0
898 SBR ACUM5, B0
899 octavo_bit_acum5_sigo_c9:
900 RCALL incremento_contador_verticalr22
901 BRCC segundo_bit_acum6_sigo_c9 ;Acum6.6
902 SBR ACUM6, B6
903 segundo_bit_acum6_sigo_c9:
904 RCALL incremento_contador_verticalr22
905 BRCC fin_columna2 ;Acum6.4
906 SBR ACUM6, B4
907 ;Se terminó la lectura de la columna, ahora hay que guardar los valores leídos en los acumuladores en SRAM
908 ;Guardo los valores que ya fueron completados en memoria ram.
909 ;A continuación reviso que no esté en tipo 1 sección D
910 fin_columna2:
911 CPI CONT.H, 0x01 ;Si es la segunda columna, tengo que guardar acum2 en length, sino en sram
912 BRNE guardo_en_ram
913 MOV LENGTH, ACUM2
914 INC LENGTH
915 guardo_en_ram:
916 RCALL guardo_acum1
917 RCALL guardo_acum2
918 RCALL guardo_acum3
919 CPI CONT.H, 0x09
920 BRNE empiezo_columna_3 ;Si no es la columna 9, no guardo acumuladores 4 y 5
921 RCALL guardo_acum4
922 RCALL guardo_acum5
923 ;Empiezo columna 3
924 empiezo_columna_3:
925 INC CONT.H
926 RET
927
928 ; TERCER MÉTODO DE LECTURA
929 leo_tipo_2A:
930 ROL R20 ;En c ahora tengo el primer bit
931 BRCC tercer_bit_acum1_sigo_c3 ;Acum1.5

```



```

932 SBR ACUM1, B5
933 tercer_bit_acum1_sigo_c3:
934 RCALL incremento_contador_verticalr20
935 BRCC primer_bit_acum1_sigo_c3 ;Acum1.7
936 SBR ACUM1, B7
937 ;Acá termina primera parte de acum1 y empieza primera parte de acum2
938 primer_bit_acum1_sigo_c3:
939 RCALL incremento_contador_verticalr20
940 BRCC septimo_bit_acum2_sigo_c3 ;Acum2.1
941 SBR ACUM2, B1
942 septimo_bit_acum2_sigo_c3:
943 RCALL incremento_contador_verticalr20
944 BRCC quinto_bit_acum2_sigo_c3 ;Acum2.3
945 SBR ACUM2, B3
946 quinto_bit_acum2_sigo_c3:
947 RCALL incremento_contador_verticalr20
948 BRCC tercer_bit_acum2_sigo_c3 ;Acum2.5
949 SBR ACUM2, B5
950 tercer_bit_acum2_sigo_c3:
951 RCALL incremento_contador_verticalr20
952 BRCC primer_bit_acum2_sigo_c3 ;Acum2.7
953 SBR ACUM2, B7
954 ;Acá termina primera parte de acum2 y empieza primera parte de acum3
955 primer_bit_acum2_sigo_c3:
956 RCALL incremento_contador_verticalr20
957 BRCC septimo_bit_acum3_sigo_c3 ;Acum3.1
958 SBR ACUM3, B1
959 septimo_bit_acum3_sigo_c3:
960 RCALL incremento_contador_verticalr20
961 BRCC quinto_bit_acum3_sigo_c3 ;Acum3.3
962 SBR ACUM3, B3
963 ;Acá termina r20
964 quinto_bit_acum3_sigo_c3:
965 RCALL incremento_contador_verticalr21
966 BRCC tercer_bit_acum3_sigo_c3 ;Acum3.5
967 SBR ACUM3, B5
968 tercer_bit_acum3_sigo_c3:
969 RCALL incremento_contador_verticalr21
970 BRCC primer_bit_acum3_sigo_c3 ;Acum3.7
971 SBR ACUM3, B7
972 ;Acá termina primera parte de acum3 y empieza primera parte de acum4
973 primer_bit_acum3_sigo_c3:
974 RCALL incremento_contador_verticalr21
975 BRCC septimo_bit_acum4_sigo_c3 ;Acum4.1
976 SBR ACUM4, B1
977 septimo_bit_acum4_sigo_c3:
978 RCALL incremento_contador_verticalr21
979 BRCC chequeo_fila3 ;Acum4.3
980 SBR ACUM4, B3
981 ;Se terminó la lectura de la tercer columna, acá se debería esperar a que se vuelvan a llenar R20, R21 y R22.
982 ;Empiezo cuarta columna. Reviso que no sea tipo 2 sección C
983 chequeo_fila3:
984 CPI CONT.H, 0xA
985 BRNE fin_columna3
986 ; Esta parte corresponde a si la columna es la diez (hay que hacer otras cosas con los acumuladores).
987 es_columna10:
988 RCALL incremento_contador_verticalr21
989 BRCC tercer_bit_acum4_sigo_c10 ;Acum4.5
990 SBR ACUM4, B5
991 tercer_bit_acum4_sigo_c10:
992 RCALL incremento_contador_verticalr21
993 BRCC salto_linea_c10 ;Acum4.7
994 SBR ACUM4, B7
995 ;Acá termina primera parte de Acum4, salto de línea y empieza acum5
996 salto_linea_c10: ;Línea que no tiene datos
997 RCALL incremento_contador_verticalr21 ;Roto un bit que no me interesa
998 RCALL incremento_contador_verticalr21
999 BRCC septimo_bit_acum5_sigo_c10 ;Acum5.1
1000 SBR ACUM5, B1
1001 septimo_bit_acum5_sigo_c10:
1002 RCALL incremento_contador_verticalr22
1003 BRCC quinto_bit_acum5_sigo_c10 ;Acum5.3
1004 SBR ACUM5, B3
1005 quinto_bit_acum5_sigo_c10:
1006 RCALL incremento_contador_verticalr22
1007 BRCC tercer_bit_acum5_sigo_c10 ;Acum5.5
1008 SBR ACUM5, B5
1009 tercer_bit_acum5_sigo_c10:
1010 RCALL incremento_contador_verticalr22
1011 BRCC primer_bit_acum5_sigo_c10 ;Acum5.7
1012 SBR ACUM5, B7
1013 ;Acá termina primera parte de Acum5, empieza acum6
1014 primer_bit_acum5_sigo_c10:
1015 RCALL incremento_contador_verticalr22
1016 BRCC septimo_bit_acum6_sigo_c10 ;Acum6.1
1017 SBR ACUM6, B1
1018 septimo_bit_acum6_sigo_c10:
1019 RCALL incremento_contador_verticalr22
1020 BRCC fin_columna3 ;Acum6.3
1021 SBR ACUM6, B3
1022 fin_columna3:
1023 INC CONT.H
1024 RET
1025
1026 ; CUARTO MÉTODO DE LECTURA
1027 leo_tipo_2B:
1028 ROL R20 ;En e ahora tengo el primer bit
1029 BRCC cuarto_bit_acum1_sigo_c3 ;Acum1.4

```

```

1030 SBR ACUM1, B4
1031 cuarto.bit_acum1.sigo_c3:
1032 RCALL incremento_contador_verticalr20
1033 BRCC segundo.bit_acum1.sigo_c3 ;Acum1.6
1034 SBR ACUM1, B6
1035 ;Acá termina primera parte de acum1 y empieza primera parte de acum2
1036 segundo.bit_acum1.sigo_c3:
1037 RCALL incremento_contador_verticalr20
1038 BRCC octavo.bit_acum2.sigo_c3 ;Acum2.0
1039 SBR ACUM2, B0
1040 octavo.bit_acum2.sigo_c3:
1041 RCALL incremento_contador_verticalr20
1042 BRCC sexto.bit_acum2.sigo_c3 ;Acum2.2
1043 SBR ACUM2, B2
1044 sexto.bit_acum2.sigo_c3:
1045 RCALL incremento_contador_verticalr20
1046 BRCC cuarto.bit_acum2.sigo_c3 ;Acum2.4
1047 SBR ACUM2, B4
1048 cuarto.bit_acum2.sigo_c3:
1049 RCALL incremento_contador_verticalr20
1050 BRCC segundo.bit_acum2.sigo_c3 ;Acum2.6
1051 SBR ACUM2, B6
1052 ;Acá termina primera parte de acum2 y empieza primera parte de acum3
1053 segundo.bit_acum2.sigo_c3:
1054 RCALL incremento_contador_verticalr20
1055 BRCC octavo.bit_acum3.sigo_c3 ;Acum3.0
1056 SBR ACUM3, B0
1057 octavo.bit_acum3.sigo_c3:
1058 RCALL incremento_contador_verticalr20
1059 BRCC sexto.bit_acum3.sigo_c3 ;Acum3.2
1060 SBR ACUM3, B2
1061 ;Acá termina r20
1062 sexto.bit_acum3.sigo_c3:
1063 RCALL incremento_contador_verticalr21
1064 BRCC cuarto.bit_acum3.sigo_c3 ;Acum3.4
1065 SBR ACUM3, B4
1066 cuarto.bit_acum3.sigo_c3:
1067 RCALL incremento_contador_verticalr21
1068 BRCC segundo.bit_acum3.sigo_c3 ;Acum3.6
1069 SBR ACUM3, B6
1070 ;Acá termina primera parte de acum3 y empieza primera parte de acum4
1071 segundo.bit_acum3.sigo_c3:
1072 RCALL incremento_contador_verticalr21
1073 BRCC octavo.bit_acum4.sigo_c3 ;Acum4.0
1074 SBR ACUM4, B0
1075 octavo.bit_acum4.sigo_c3:
1076 RCALL incremento_contador_verticalr21
1077 BRCC chequeo_fila4 ;Acum4.2
1078 SBR ACUM4, B2
1079 ;Se terminó la lectura de la cuarta columna. Aquí se debería esperar a que se vuelvan a llenar R20, R21 y R22.
1080 ;Empiezo quinta columna. Reviso que no sea tipo 2 sección D.
1081 chequeo_fila4:
1082 CPI CONT.H, 0x0B
1083 BRNE fin_columna4
1084 ; Esta parte corresponde a si la columna es la once (hay que hacer otras cosas con los acumuladores).
1085 es_columna11:
1086 RCALL incremento_contador_verticalr21
1087 BRCC cuarto.bit_acum4.sigo_c11 ;Acum4.4
1088 SBR ACUM4, B4
1089 cuarto.bit_acum4.sigo_c11:
1090 RCALL incremento_contador_verticalr21
1091 BRCC salto_linea_c11 ;Acum4.6
1092 SBR ACUM4, B6
1093 ;Acá termina primera parte de Acum4, salto de línea y empieza acum5
1094 salto_linea_c11: ;Línea que no tiene datos
1095 RCALL incremento_contador_verticalr21 ;Roto un bit que no me interesa
1096 RCALL incremento_contador_verticalr21
1097 BRCC octavo.bit_acum5.sigo_c11 ;Acum5.0
1098 SBR ACUM5, B0
1099 octavo.bit_acum5.sigo_c11:
1100 RCALL incremento_contador_verticalr22
1101 BRCC sexto.bit_acum5.sigo_c11 ;Acum5.2
1102 SBR ACUM5, B2
1103 sexto.bit_acum5.sigo_c11:
1104 RCALL incremento_contador_verticalr22
1105 BRCC cuarto.bit_acum5.sigo_c11 ;Acum5.4
1106 SBR ACUM5, B4
1107 cuarto.bit_acum5.sigo_c11:
1108 RCALL incremento_contador_verticalr22
1109 BRCC segundo.bit_acum5.sigo_c11 ;Acum5.6
1110 SBR ACUM5, B6
1111 ;Acá termina primera parte de Acum5, empieza acum6
1112 segundo.bit_acum5.sigo_c11:
1113 RCALL incremento_contador_verticalr22
1114 BRCC octavo.bit_acum6.sigo_c11 ;Acum6.0
1115 SBR ACUM6, B0
1116 octavo.bit_acum6.sigo_c11:
1117 RCALL incremento_contador_verticalr22
1118 BRCC fin_columna4 ;Acum6.2
1119 SBR ACUM6, B2
1120 fin_columna4:
1121 CPI CONT.H, 0x0B
1122 BRNE guardo-parcial-sram ;Por como viene el orden, primero se guardan acum6 y acum5
1123 RCALL guardo-acum6
1124 RCALL guardo-acum5
1125 guardo-parcial-sram:
1126 RCALL guardo-acum4
1127 RCALL guardo-acum3
1128 RCALL guardo-acum2

```

```

1129 INC CONT.H
1130 RET
1131
1132 ; MÉTODOS AUXILIARES DE LA FUNCIÓN DE DECODIFICACIÓN:
1133 ; Rollea R20 a izquierda
1134 incremento_contador_verticalR20:
1135 ROL R20
1136 RET
1137 ; Rollea R21 a izquierda
1138 incremento_contador_verticalR21:
1139 ROL R21
1140 RET
1141 ; Rollea R22 a izquierda
1142 incremento_contador_verticalR22:
1143 ROL R22
1144 RET
1145 ;Incrementa contador horizontal (variable de control)
1146 incremento_contador_horizontal:
1147 INC CONT.H
1148 RET
1149 ;Guarda ACUM1 en SRAM, lo limpia e incrementa la cantidad de letras leídas.
1150 guardo_acum1:
1151 MOV R14, ACUM1
1152 ST X+, R14
1153 EOR ACUM1, ACUM1
1154 INC CANT.LETRAS.LEIDAS
1155 RET
1156 ;Guarda ACUM2 en SRAM, lo limpia e incrementa la cantidad de letras leídas.
1157 guardo_acum2:
1158 MOV R14, ACUM2
1159 ST X+, R14
1160 EOR ACUM2, ACUM2
1161 INC CANT.LETRAS.LEIDAS
1162 RET
1163 ;Guarda ACUM3 en SRAM, lo limpia e incrementa la cantidad de letras leídas.
1164 guardo_acum3:
1165 MOV R14, ACUM3
1166 ST X+, R14
1167 EOR ACUM3, ACUM3
1168 INC CANT.LETRAS.LEIDAS
1169 RET
1170 ;Guarda ACUM4 en SRAM, lo limpia e incrementa la cantidad de letras leídas.
1171 guardo_acum4:
1172 MOV R14, ACUM4
1173 ST X+, R14
1174 EOR ACUM4, ACUM4
1175 INC CANT.LETRAS.LEIDAS
1176 RET
1177 ;Guarda ACUM5 en SRAM, lo limpia e incrementa la cantidad de letras leídas.
1178 guardo_acum5:
1179 MOV R14, ACUM5
1180 ST X+, R14
1181 EOR ACUM5, ACUM5
1182 INC CANT.LETRAS.LEIDAS
1183 RET
1184 ;Guarda ACUM6 en SRAM, lo limpia e incrementa la cantidad de letras leídas.
1185 guardo_acum6:
1186 MOV R14, ACUM6
1187 ST X+, R14
1188 EOR ACUM6, ACUM6
1189 INC CANT.LETRAS.LEIDAS
1190 RET

```

Referencias

- [1] Muhammad Ali Mazidi, Zarmad Naimi, Sepehr Naimi. *The AVR Microcontroller and Embedded System Using Assembly and C*. Prentice Hall.
- [2] Atmel 8-bit Microcontroller 4/8/16/32Kbytes In-system Programmable Flash Datasheet.
- [3] Atmel AVR 8-bit Instruction Set Manual
- [4] <https://en.wikipedia.org/wiki/QRcode>
- [5] <http://www.ams.org/samplings/feature-column/fc-2013-02>
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms_NXT

Apéndice

A continuación se muestran los esquemáticos de la placa de Arduino UNO y del circuito diseñado para la implementación del escaneo.

Arduino™ UNO Reference Design

References Designs ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS". Arduino DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Arduino may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not use the product for any purpose other than that intended by the manufacturer. The Customer shall be responsible for obtaining the necessary permits and licenses for the use of the product. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.

