

INTRODUCCIÓ

L'objectiu general de l'assignatura **Laboratori d'Electrònica II** consisteix en introduir la metodologia i les eines per dur a terme un projecte de disseny electrònic, emprant els coneixements adquirits en assignatures prèvies del currículum. Per això, tot i que l'assignatura se subdivideix en mòduls, i cadascun d'ells en diverses pràctiques, es persegueix la realització final d'un sistema que engloba les diferents parts que es van construir al llarg del curs.

Un sistema complet requereix en general la combinació de diverses tècniques i solucions de disseny. Així, un gran nombre de sistemes electrònics es componen d'una part analògica i d'una part digital. Per al disseny de cada part existeixen facilitats de desenvolupament i comprovació.

Els aspectes en que es farà èmfasi al llarg del curs consisteixen en:

- Disseny i realització física de circuits analògics i digitals. Utilització de la instrumentació adequada en cada cas.
- Familiarització en l'ús d'eines de disseny assistit per ordinador (CAD), gairebé imprescindible per al disseny i realització de sistemes emprant tecnologies actuals.

Es treballarà amb:

Pspice for Windows: Simulador elèctric de circuits.

ISplever: Paquet de disseny lògic. S'usarà per al disseny de circuits digitals que es realitzaran sobre lògica programable (PLDs).

Paradigm C++: Programari de l'entorn de desenvolupament d'aplicacions amb el microcontrolador de la família V25 de NEC.

- Utilització d'instrumentació de programació de circuits de lògica programable i de desenvolupament de microcontroladors.
- Utilització eficient dels elements hardware i software i dels recursos del laboratori. Documentació correcta dels dissenys realitzats.

Tot i que es tractaran aspectes de disseny analògic, la major part del curs està dedicada al disseny de sistemes digitals mitjançant solucions eficients com són els circuits de lògica programable i els microcontroladors. Si bé degut a restriccions temporals els dissenys a realitzar són simples, la metodologia de disseny és extrapolable a dissenys més complexes.

El curs es desglossa en tres mòduls:

- Mòdul I. Disseny analògic. Ús del Pspice V9.1. (4 setmanes).
- Mòdul II. Disseny digital 1. Ús del ISplever V5.1 i programació de PLDs (5 setmanes).
- Mòdul III. Disseny digital 2. Desenvolupament amb el microcontrolador V25 (4 setmanes).

A la fi de cadascun d'aquests mòduls caldrà presentar una memòria que reflecteixi la feina desenvolupada en el mòdul.

NORMATIVA DE PRÀCTIQUES

Les pràctiques es realitzen en general en grups de treball de dos alumnes.

Assistència. Donat que les pràctiques s'avaluen de forma continuada, l'**assistència és OBLIGATÒRIA**. Les pràctiques es realitzaran exclusivament durant l'horari setmanal que cada grup de pràctiques té assignat (no es preveuen horaris d'accés lliure ni recuperacions).

Accés al lloc de treball. L'equipament informàtic del Laboratori es basa en PCs Pentium interconnectats en xarxa local. El sistema operatiu emprat és Microsoft Windows XP. Al engegar l'ordinador apareixerà una pantalla de validació d'usuari en mode text. Hi haureu de fer servir el *login* i *password* que us han donat amb la matrícula. Després triareu el sistema operatiu Windows.

Quan comenci la sessió a Windows us tornaran a demanar la mateixa identificació i entrareu a la vostra configuració personal.

Comptes d'usuari. A l'ordinador tindreu dos unitats de disc virtuals. A la unitat **L:** tindreu la vostra zona d'usuari personal. Al directori **H:/LEII** tindreu els fitxers comuns necessaris per desenvolupar les pràctiques.

Còpies de seguretat dels dissenys. Tot i que la informació d'usuari resta emmagatzemada al seu compte, no es pot garantir el sistema de *backup*. És necessari que cada grup de treball tingui disponible durant tot el curs de pràctiques **disquets 3.5" (HD) o memòries USB**. Per evitar pèrdues accidentals d'informació, **ÉS MOLT RECOMANABLE** realitzar regularment **CÒPIES DE SEGURETAT** dels fitxers dels dissenys i simulacions. Els estudiants són responsables de mantenir la seva informació actualitzada per poder-la recuperar en cas de que eventualment es perdés informació dels comptes d'usuari.

Material. Cada grup de treball portarà el material electrònic necessari (cables, components, plaques) per a les pràctiques.

Estudi previ. A les sessions en que es demani un estudi previ a l'enunciat de pràctiques, caldrà lliurar una **CÒPIA** d'aquest estudi previ a l'inici de la sessió de pràctiques corresponent.

Memòria. Per a cada cada mòdul es presentarà una memòria per grup de treball. El límit de presentació és una setmana després de la finalització del mòdul.

AVALUACIÓ

L'avaluació és continuada i acumulativa. La nota final es calcula com el promig de la nota dels tres mòduls. Es tindran en compte els estudis previs, el desenvolupament i presentació de cada pràctica, les proves de control i modificacions que es demanin i les memòries de les pràctiques.

Estudi previ

Consisteix en omplir un qüestionari, fer un disseny, un algorisme, etc., depenent del tipus de pràctica. **És molt important portar ben preparat l'estudi previ ja que d'ell depèn un bon aprofitament durant la sessió de pràctiques. Cal lliurar una còpia per grup a l'inici de la sessió corresponent.**

Percentatge de pes: 20%

Desenvolupament i presentació de la pràctica

Es farà un seguiment del desenvolupament de les pràctiques. Presentació al professor de la pràctica realitzada i en funcionament. **Important: el límit de presentació és l'últim dia de cada mòdul, durant la sessió de pràctiques. Únicament s'avaluarà la feina desenvolupada fins llavors, sense opció de recuperació, excepte en casos de força major.**

Percentatge de pes: 40%

Proves de control

En algunes sessions de pràctiques es podrà demanar la realització de modificacions simples sobre la pràctica o omplir un qüestionari de curta durada.

Percentatge de pes: 20%

Memòria de la pràctica

Una memòria per mòdul: disseny analògic, disseny digital i sistema microcontrolador.

Ha de contenir:

- Descripció de les pràctiques realitzades, amb esquemes de circuits i càlculs dels valors de components o algorismes i llistats (degudament estructurats i comentats).
- Anàlisi i discussió de resultats

Percentatge de pes: 20%

Es valorarà especialment:

- Funcionament/robustesa de les pràctiques
- Estructuració i claredat dels programes/algorismes
- Optimització dels dissenys i ús eficient de components, portes lògiques, instruccions, memòria ...
- Originalitat, ampliacions i millores
- Habilitat/suficiència amb els instruments

Descripción del Sistema

El objetivo de las prácticas que se desarrollarán a lo largo del curso es el control de un brazo de robot de 4 grados de libertad mediante un mando a distancia por infrarrojos. El sistema está gobernado por un microcontrolador (NEC V25). La interconexión se realiza a través de una placa de interfaz y el microcontrolador recibe las órdenes de un mando a distancia a través de un receptor de infrarrojos, tal como se muestra en la siguiente figura.

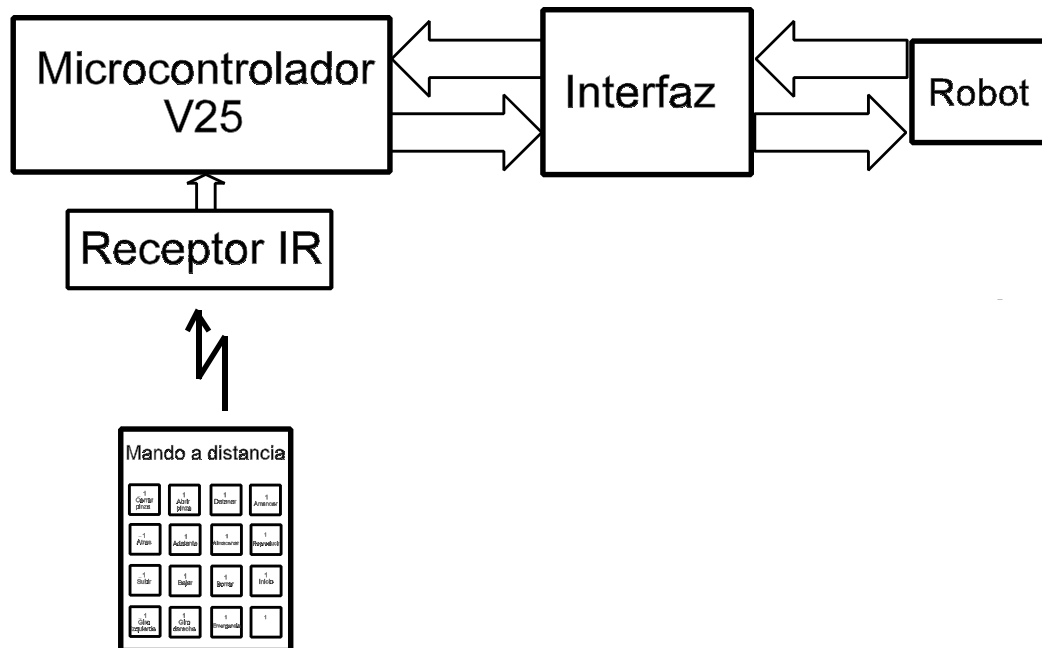


Fig. 1: Esquema del Sistema.

El laboratorio estará dividido en tres módulos:

- **I. Módulo analógico:** Diseño, simulación (PSPICE) y montaje del receptor de infrarrojos.
- **II. Módulo Digital I:** Diseño del circuito controlador del mando a distancia, con las funciones de control del teclado y emisión serie de los datos hacia el emisor de infrarrojos. El diseño se llevará a cabo mediante la programación de dispositivos de lógica programable (PLD). En esta parte se utilizará la herramienta Isplever.
- **III. Módulo Digital II:** Programación del subsistema digital basado en un microcontrolador de la familia V25 de NEC, que tendrá que el brazo articulado y recibir las órdenes del mando a distancia.

1. Especificaciones funcionales del sistema

El objetivo del Laboratorio es el control de un brazo articulado. El control se realizará mediante un mando a distancia de 16 teclas, las cuales deben, al menos, proporcionar las siguientes funcionalidades:

- Movimiento controlado en los dos sentidos de cada uno de los motores de continua. Hay 4 grados de libertad (motores M1 - M4) y por tanto serán necesarias 8 teclas para controlar los motores (**teclas 1 - 2, 4 - 5, 7 - 8, y * - 0**: 4 motores x 2 sentidos/motor). Se dispone también de 4 cuentapasos (CV1- CV4) y de sensores que indican que el motor ha llegado al final del recorrido en cualquiera de los dos sentidos (finales de carrera, FC1-FC8).

- Capacidad de reproducir movimientos anteriormente almacenados a partir de una posición inicial conocida de reposo. Para ello se necesitan 6 funciones identificadas por 4 teclas del mando a distancia:

- a) Almacenar (**6**): Esta tecla la pulsaremos cada vez que estemos en una posición por la que queramos que el robot pase forzosamente en el modo de reproducción.
- b) Borrado (**9**): Esta tecla borra todo lo anteriormente almacenado.
- c) Reproducir (**B**): Al apretar esta tecla el robot reproducirá todo lo que hayamos almacenado anteriormente.

- Tecla de Inicio (**C**): con esta tecla se sitúa el brazo articulado en una posición conocida (identificada por encontrarse los finales de carrera FC1-FC4 activados).



Fig. 2: Mando a Distancia.

2. Descripción física del sistema

Como se ha mencionado previamente, el brazo articulado consta de 4 motores numerados de M1 a M4. El motor M1 permite el giro del brazo de robot (giro antihorario-giro horario, visto el brazo articulado desde arriba). El motor M2 permite la traslación del brazo (adelante-atrás). El motor M3 permite el levantamiento del brazo (arriba-abajo). Por último, el motor M4 permite abrir y cerrar la pinza. Cada motor se puede mover en dos sentidos, con lo que hay 8 finales de carrera, numerados FC1-FC8.

- **GIRO ANTIHORARIO - GIRO HORARIO** **Motor 1 (M1)**
- **ATRÁS - ADELANTE** **Motor 2 (M2)**
- **SUBIR - BAJAR** **Motor 3 (M3)**
- **ABRIR PINZA - CERRAR PINZA** **Motor 4 (M4)**

Asimismo se dispone de 4 cuentapasos, numerados CV1-CV4, que permiten monitorizar la posición de los motores y permiten verificar que el motor está en movimiento. A continuación se muestra la funcionalidad de cada motor así como los finales de carrera y cuentapasos de cada uno:

Motor	Movimiento	Cuenta pasos	Num. pasos	Finales de Carrera
M1	Giro antihorario-Giro horario	CV1	231	FC1-FC5
M2	Atrás-Adelante	CV2	157	FC2-FC6
M3	Subir-Bajar	CV3	109	FC3-FC7
M4	Abrir pinza-Cerrar pinza	CV4	31	FC4-FC8

Para controlar los motores utilizaremos un puerto de entrada/salida del μ C. En el Interfaz unos leds rojos y verdes permiten visualizar la correcta excitación de los motores. También se utiliza otro puerto de E/S del μ C para controlar los finales de carrera y los cuenta pasos.

En la siguiente figura se muestra un esquema del brazo articulado, donde se pueden observar los motores M1, M2 y M3, estando oculto M4. También se puede observar 4 finales de carrera (uno por cada motor, que son los que trae por defecto el brazo articulado). Estos finales de carrera están numerados como E1, E3, E5 y E7, correspondientes respectivamente a los motores M1-M4.

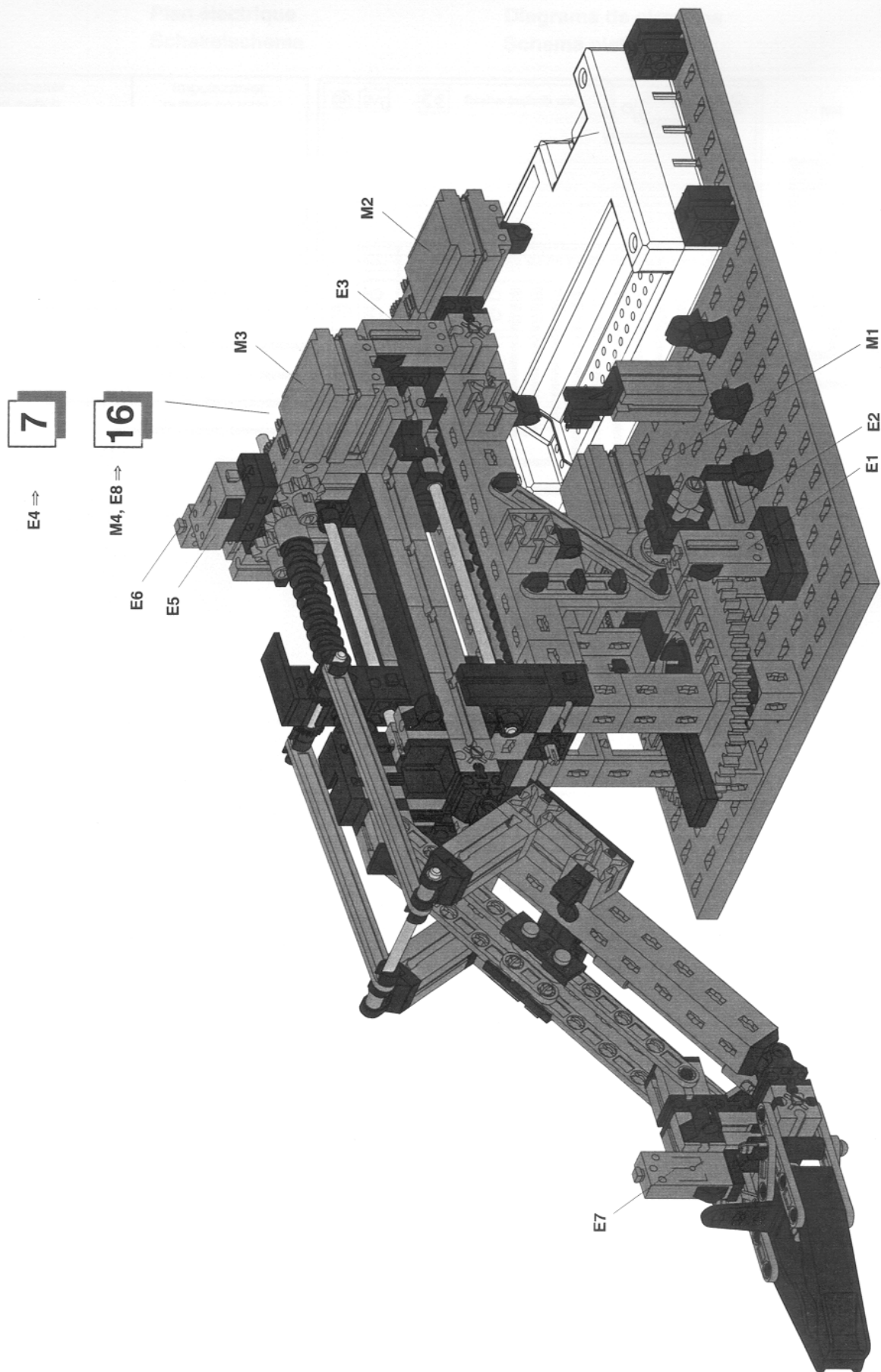


Fig. 3: Esquema del brazo articulado.

3. Descripción eléctrica del Sistema

3.1 Actuación de los motores para que giren en los dos sentidos

Se han identificado los dos polos de cada motor con un cable rojo y un cable verde. Cada polo es atacado con una señal referida a masa. Se tienen, por tanto, 3 posibles combinaciones de señales que serán las siguientes: $V_{\text{rojo}}-V_{\text{verde}} = 0 \text{ V}$, $V_{\text{rojo}}-V_{\text{verde}} = 9 \text{ V}$ y $V_{\text{rojo}}-V_{\text{verde}} = -9 \text{ V}$. Como se puede ver en la siguiente figura:

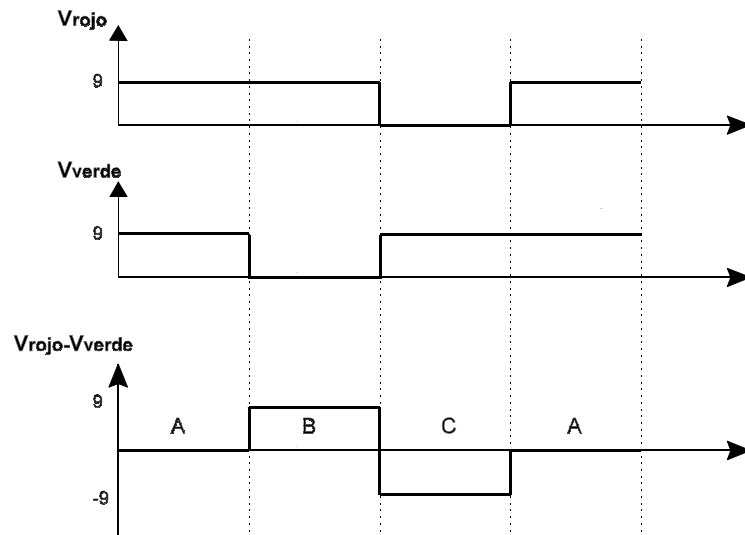


Fig. 4: Señales necesarias para que el motor gire en los dos sentidos.

- **A : Motor parado.**
- **B : Giro en un sentido.**
- **C : Giro en el sentido opuesto.**

3.2 Actuación de los motores para marcha lenta

Durante el modo de reproducción y para realizar el número exacto de pasos deseado en cada motor, se debe ralentizar la marcha justo cuando se esté a punto de llegar al destino. De esta forma estaremos seguros que no se ha dado ningún paso de más debido a la inercia de los propios motores.

Para ralentizar el motor hay diversas opciones. Por un lado, se podría alimentar el motor a una tensión menor que 9V (p.e. el 25%: 2.25V). Esto implicaría una circuitería que permitiese conmutar entre dos tensiones de alimentación del motor (9 o 2.25 V). Otra alternativa consiste realizar una alimentación pulsada de 9V, a un régimen del 25%. De esta forma se simplifica el circuito de actuación del motor y se consigue la máxima eficiencia en transferencia de potencia.

En nuestro caso, para ralentizar el motor se utilizará la segunda opción: una señal PWM, modulada al 25%. El periodo de la señal sera de 80 ms, enviaremos 60 ms con $V_{\text{rojo}} - V_{\text{verde}} = 0 \text{ V}$ y 20 ms con $V_{\text{rojo}} - V_{\text{verde}} = 9 \text{ V}$ o -9 V , según cuál sea el sentido en que queramos mover el motor), ver figura 5.

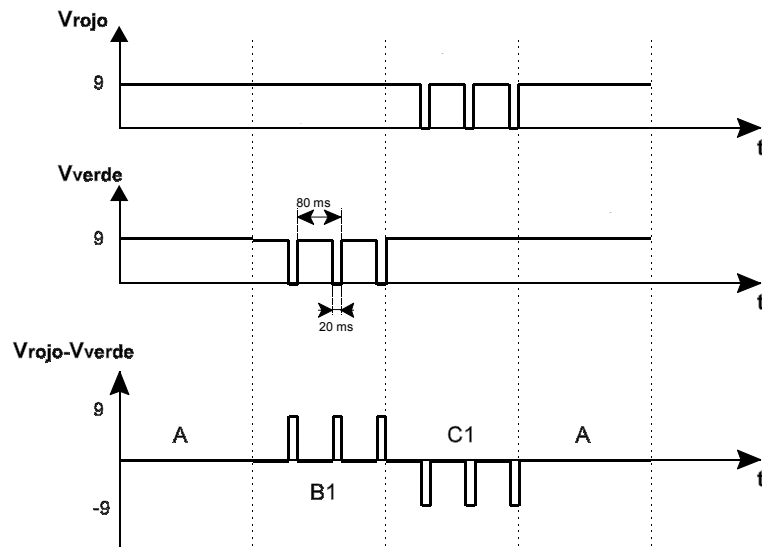


Fig. 5: Actuación de los motores para marcha lenta.

- **A : Motor parado.**
- **B1 : Giro lento en un sentido.**
- **C1 : Giro lento en el sentido contrario.**

3.3 Finales de carrera

Para saber cuándo cada uno de los motores ha llegado al final de su recorrido en alguno de los sentidos se incorporan unos sensores denominados finales de carrera que deben ser monitorizados para evitar forzar engranajes o piezas. El esquema de conexión típico de un fina de carrera se puede observar en la siguiente figura.

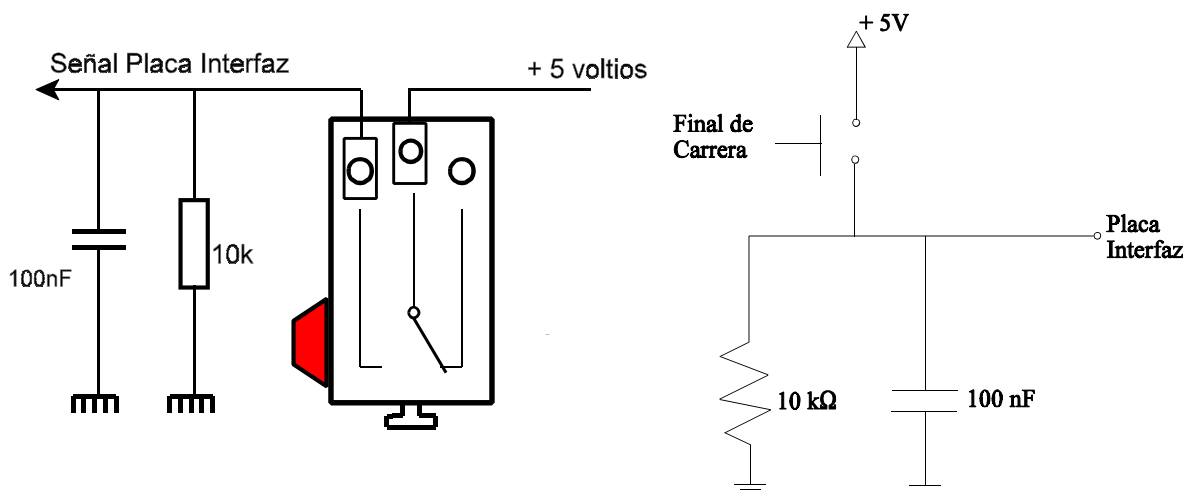


Fig. 6: Conexionado del final de carrera.

Normalmente se tendrá un '0' y solo habrá un '1' cuando el motor haya llegado al final de carrera y el interruptor interno conmute, ver figura 6. Cuando sea detectado un contacto con un final de carrera en una dirección deberemos mover el motor únicamente en sentido contrario. Esto es realizado por *hardware* en la placa de Interfaz, de manera que se impide alimentar al motor en el sentido del final de carrera cuando éste está siendo pulsado. Por otro lado, sabiendo el número total de pasos en cada motor y la posición relativa en la que nos encontramos respecto al inicio, se podría evitar que actuase esta protección, de manera que fuese el mismo programa el que controlase que no se intente seguir más allá de los finales de carrera. La señal típica de un final de carrera se puede observar en la siguiente figura.

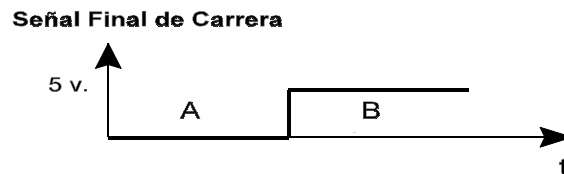


Fig. 7: Activación de un final de carrera.

- **A : Posición de reposo (0 V): el motor no ha llegado al final de carrera.**
- **B : Detección final de carrera (5 V).**

3.4 Cuenta pasos

Los cuenta pasos permiten conocer la posición de los motores. En nuestro caso, para el motor 1 utilizaremos un cuenta pasos mecánico con una precisión de 8 pasos por vuelta y una relación de engranajes de 50:1 esto quiere decir, que tendremos una precisión final de 400 pasos por vuelta de la articulación.

Contaremos un paso tanto en el flanco de subida como en el flanco de bajada ver figura 8. Para saber en qué posición se encuentran cada uno de los motores en un momento dado, se deberá haber partido de una posición inicial conocida y a partir de ella haber monitorizado el número de pasos recorrido en cada uno de los sentidos.

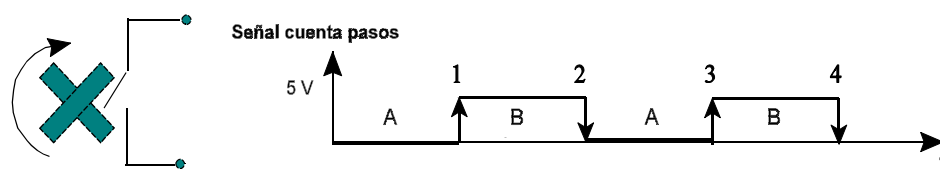


Fig. 8: Señal proporcionada por el cuentapasos.

- **A : Pulsador en situación de reposo**
- **B : Pulsador activo**

Cuando los motores se encuentran en régimen de máxima velocidad, es decir con una tensión aplicada constante de 9 V, el período de la señal obtenida en los cuentapasos es de aproximadamente 100ms. Para no perder transiciones de los cuentapasos se debe muestrear la señal con un período máximo de 50 ms, siendo muy aconsejable hacerlo a un **período de 20-30 ms**.

4. Descripción de la placa de Interfaz

4.1 Control de los motores M1-M4

Para proporcionar los dos sentidos posibles de la corriente del motor se ha utilizado una

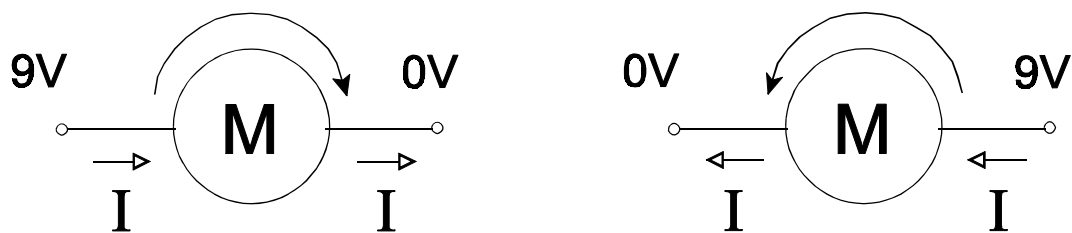


Fig. 9: Aplicando convenientemente las tensiones de 0 y 9V en bornes del motor se controla el sentido de la corriente y por tanto el sentido del motor.

configuración en puente (véase figura 9) que permite el uso de alimentación unipolar (+9V, en lugar de +9V y -9V).

Los motores que debemos controlar son motores de continua que tienen un consumo de unos 200 mA. No podemos conectarlos directamente a puertos de E/S del V25 porque la máxima corriente que proporcionan es de 25 mA. Para poder conseguir la corriente necesaria se ha utilizado el integrado L293D que permite controlar los motores en puente.

El L293D dispone de dos bloques. Cada bloque tiene una etapa de entrada y una de salida con las siguientes características (véase figura 10):

- **Etapa de entrada :** Es compatible con niveles TTL ($V_{cc1} = 5\text{ V}$).
- **Etapa de salida :** Dispone de un circuito Darlington que capaz de proporcionar 600 mA. La alimentación de la etapa de salida (V_{cc2}) es independiente de la alimentación de la etapa de entrada y puede ir desde 4,5 V a 36 V. En nuestro caso $V_{cc2} = 9\text{ V}$. Dispone también de diodos internos para la protección contra transiciones inductivas del motor

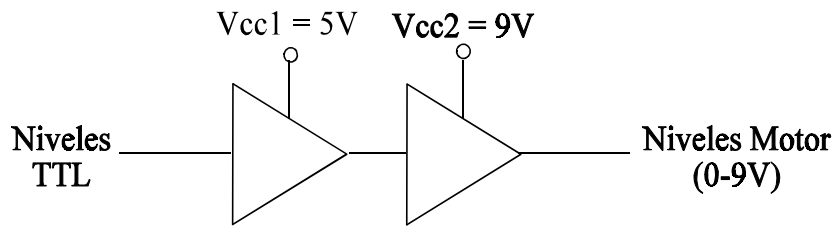


Fig. 10: Esquema de los Drivers de los motores (L293D).

Para el control de los motores usaremos 2 salidas del microcontrolador por motor. Como tenemos cuatro motores necesitaremos un puerto entero. En nuestro caso utilizaremos el **puerto de E/S P2 del V25**. Por lo tanto este puerto se deberá programar como puerto de salida.

En la figura 11 se muestra el circuito que permite controlar el motor 1, siendo el mismo caso para los motores restantes. Cuando $P21=1$ y $P20=1$ el motor está parado. Para que el motor gire en sentido horario (hacia FC5) se deberá poner $P21=0$. Por el contrario, si se desea que el motor gire en sentido antihorario (FC1) se deberá poner $P20=0$. La combinación $P20=0$ y $P21=0$ está prohibida.

También tenemos dos leds (por cada motor) que permiten monitorizar el estado del motor. En el caso del motor M1 el led rojo indica giro horario (hacia FC5) y el led verde indica giro antihorario (hacia FC1). En caso de que los dos leds estén encendidos el motor estará parado.

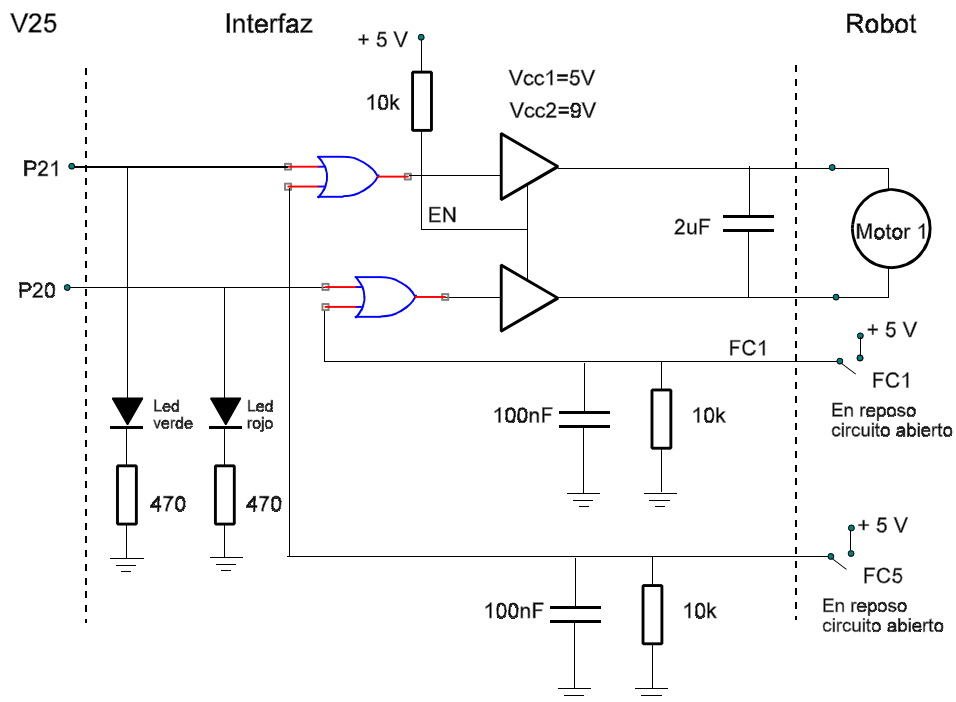


Fig. 11: Circuito de actuación del motor M1.

4.2 Detección de la posición inicial de reposo

Para poder realizar la reproducción controlada de movimientos previos del brazo articulado es necesario un punto de referencia que sirva como posición inicial. Esto es debido a que las señales proporcionadas por los cuentapasos son relativas y no absolutas. En nuestro caso se ha decidido que la posición inicial viene determinada porque los finales de carrera FC1 a FC4 están activos. Por tanto, lo primero que se debe hacer al tomar el control del brazo de robot es llevarlo a esa posición de referencia. Por software pondremos en marcha los motores de manera que giren en el sentido de los finales de carrera FC1 a FC4. El programa detectará que se ha llegado a esa posición mediante la señal que llega a PT0, tal como se puede observar en la figura 12.

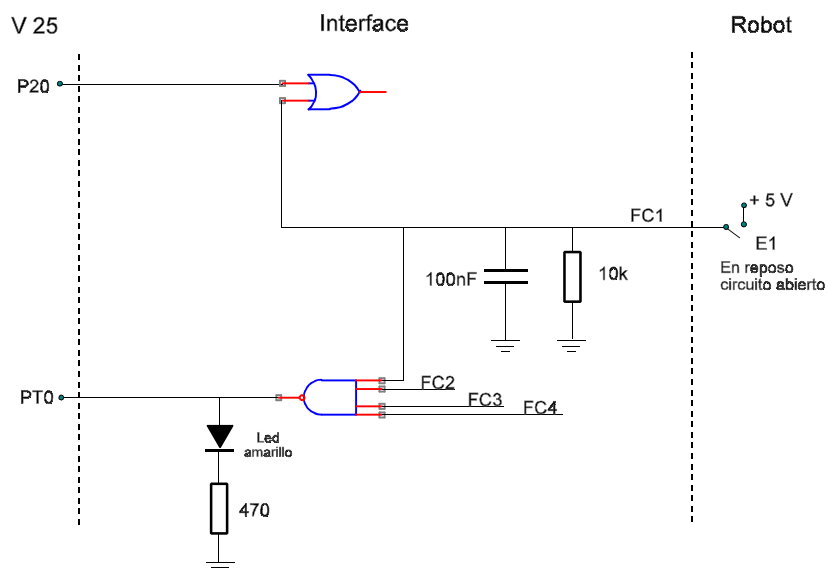


Fig. 12: Circuito que indica si el brazo se encuentra en la posición inicial.

En la figura 13 se muestra ver el circuito utilizado para el cuentapasos del motor 1, siendo idéntico para los restantes. El pulsador E2 nos entregará una señal cuadrada que después de pasar por un filtro RC y un inversor Trigger Schmitt está conectada a PT1.

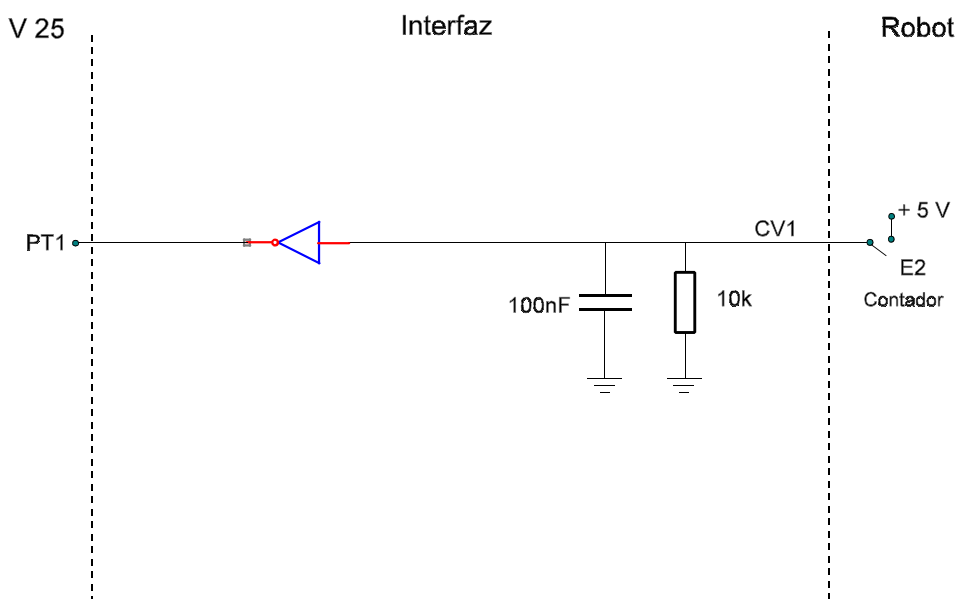


Fig. 13: Circuito de cuentapasos.

Para los cuatro cuenta pasos CV1, CV2, CV3 y CV4 utilizaremos respectivamente las entradas PT1, PT2, PT3 y PT4 del puerto PT del V25.

Se deberá monitorizar los cuentapasos en todo momento para poder realizar las siguientes funciones:

- **Aprender :** Mientras estemos realizando un trabajo, almacenaremos los pasos de cada una de las articulaciones. Tendremos que ir contando o descontando los pasos según el sentido de giro.
- **Reproducir :** Cuando queramos que el robot reproduzca el trabajo realizado, tendremos que contar los pasos y compararlos con los pasos almacenados con el fin de reproducir los mismos movimientos.

4.4 Receptor de infrarrojos

El primer módulo de las prácticas tendrá como objetivo el diseño y montaje del receptor de infrarrojos que permitirá al microcontrolador recibir la información del mando a distancia. Esta señal debe modularse en amplitud para evitar interferencias con la luz ambiente (principalmente una componente continua debida a la luz solar y/o bombillas, y otra a 100 Hz debida a la luz de los fluorescentes). En nuestro caso la frecuencia de modulación utilizada es de 32 Khz. El receptor de IR deberá realizar las siguientes funciones:

- Recepción de la señal infrarroja,
- Amplificación de la señal,
- Filtrado paso banda (centrado a 32 KHz),
- Demodulación de AM,
- Transformación a niveles lógicos TTL.

En el módulo I se diseñará y montará un circuito con estas funcionalidades a partir de componentes discretos (fototransistor, resistencias, condensadores, ampl. operacionales, etc.). En el prototipo del brazo articulado se ha incorporado un componente discreto comercial que integra todas las funciones anteriores (IS1U60).

En la siguiente figura se muestra la conexión del receptor de infrarrojos al microcontrolador.

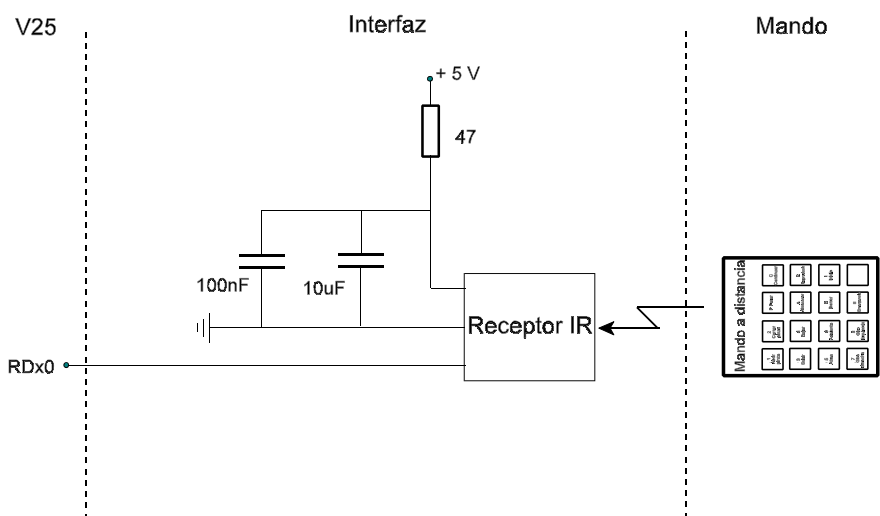


Fig. 14: Esquema del conexionado entre el circuito receptor IR y el μ C.

4.5 Esquema de bloques del transmisor

En la figura 15 se muestra el esquema de bloques del transmisor de infrarrojos que utilizaremos para el mando a distancia. Consta de tres elementos básicos: el teclado, la PLD, que será donde grabaremos nuestro sistema digital, y finalmente tenemos una etapa transmisora de infrarrojos compuesta por un *driver* y dos leds de infrarrojos.

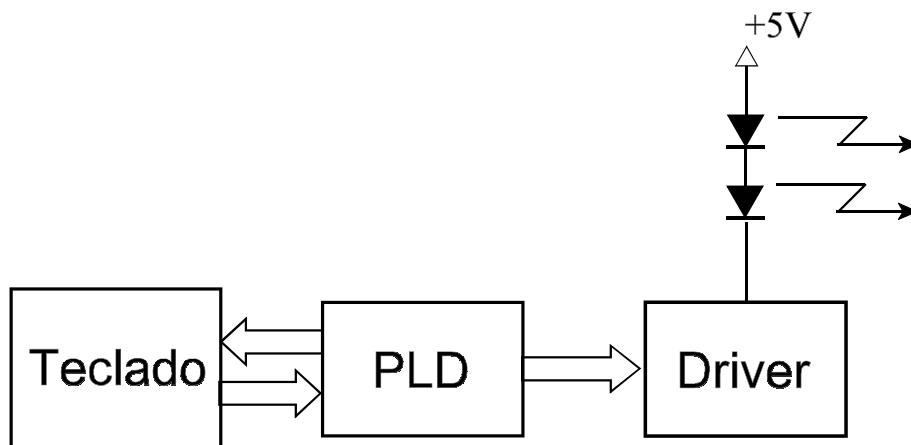


Fig. 15: Esquema de bloques del mando a distancia.

4.6 Tabla resumen conexionado V25-Robot

Puerto / Pin V25	Placa Interfaz / Robot	Funcionalidad
PT0	FC1-FC4 activados	Si '0': posición de Reset en los motores M1-M4 Si '1': el robot no está en la posición inicial de reposo.
PT1	CV1	Cuentapasos M1
PT2	CV2	Cuentapasos M2
PT3	CV3	Cuentapasos M3
PT4	CV4	Cuentapasos M4
RxD0 (canal serie 0)	Receptor Infrarrojos	Recepción datos mando a distancia
P21-P20	M1	'10': Mov. antihorario (hacia FC1) '01': Mov. horario (hacia FC5) '11' : Motor parado '00': Combinación prohibida
P23-P22	M2	'10': Mov. atrás (hacia FC2) '01': Mov. delante (hacia FC6) '11' : Motor parado '00': Combinación prohibida
P25-P24	M3	'10': Mov. arriba (hacia FC3) '01': Mov. abajo (hacia FC7) '11' : Motor parado '00': Combinación prohibida
P27-P26	M4	'10': Mov. abrir pinza (hacia FC4) '01': Mov. cerrar pinza (hacia FC8) '11' : Motor parado '00': Combinación prohibida

Tabla 1: Conexionado Robot-Placa Interface-Sistema V25

Cuando los motores M1-M4 son actuados hacia los finales de carrera FC1-FC4 respectivamente, en la placa interfaz estarán encendidos únicamente los leds verdes. Cuando sean actuados hacia FC5-FC8 encontraremos encendidos sólo los leds rojos. Si los motores se encuentran parados estarán encendidos ambos leds.

4.7 Esquema conexionado global

A continuación se muestra un esquema simplificado del conexionado de todas las señales del brazo articulado, placa interfaz y subsistema V25.

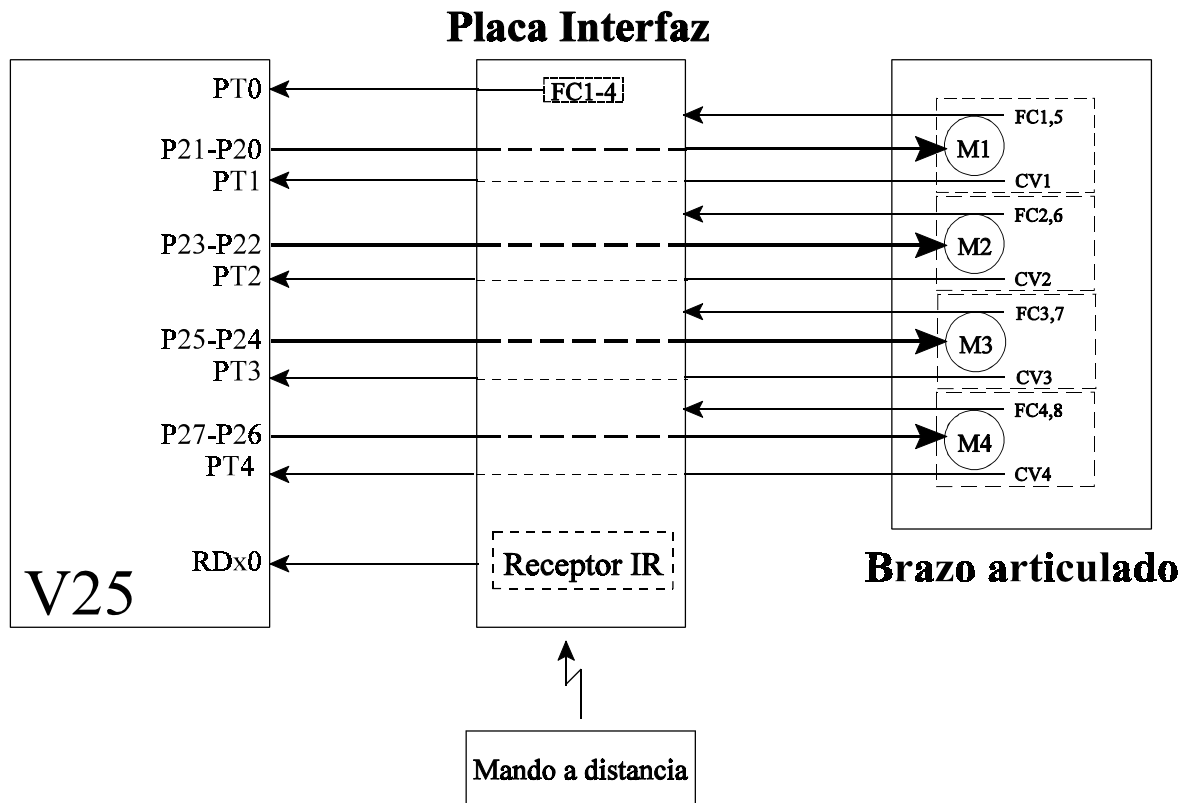
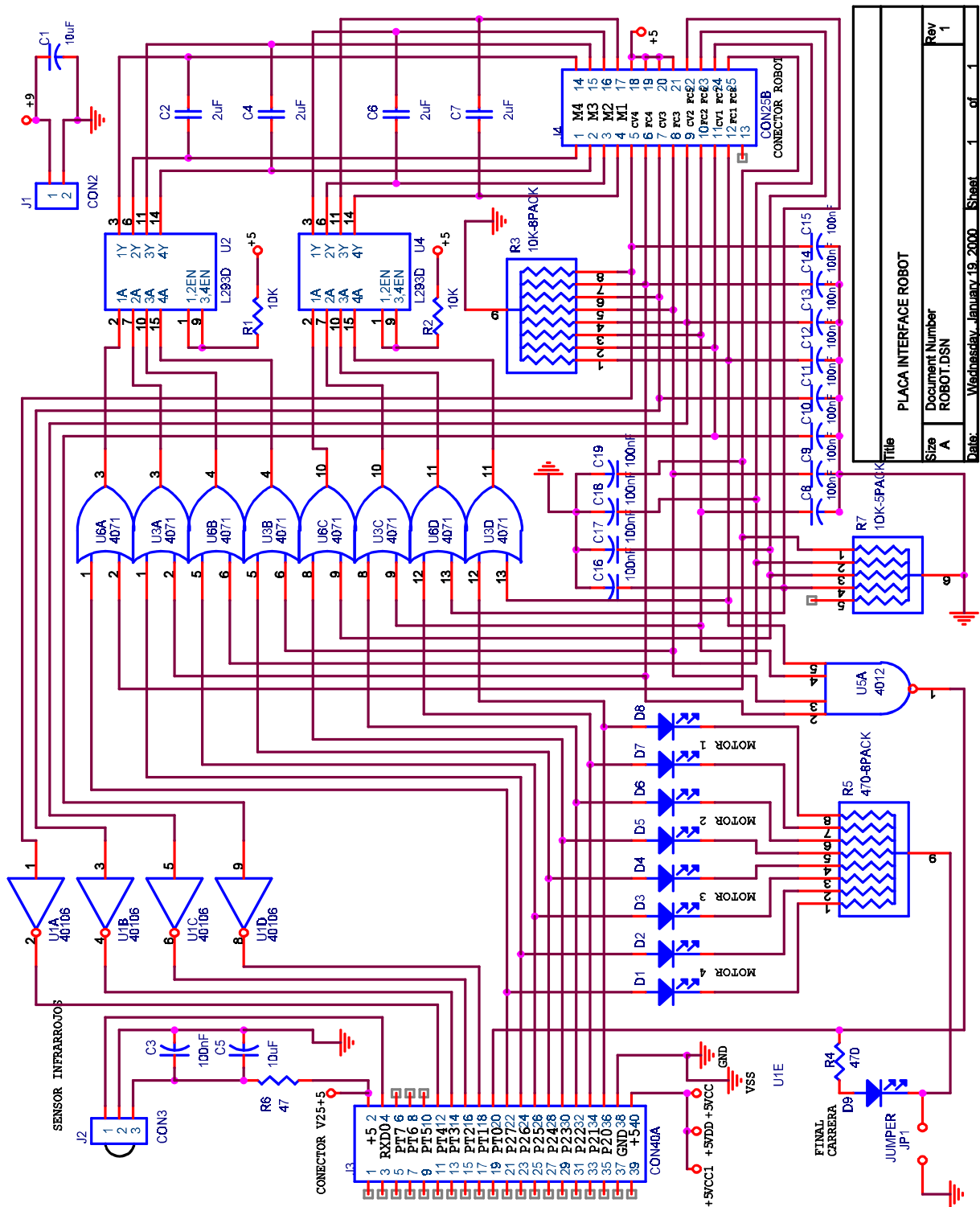


Fig. 16: Conexionado global.

4.8 Esquema placa interfaz



Title		
PLACA INTERFACE ROBOT		
Size	Document Number	Rev
A	ROBOT.DSN	1
Date:	Wednesday, January 19, 2000	Sheet 1 of 1

Fig. 17: Esquema de la placa Interfaz.

4.9 Esquema placa Mando a Distancia

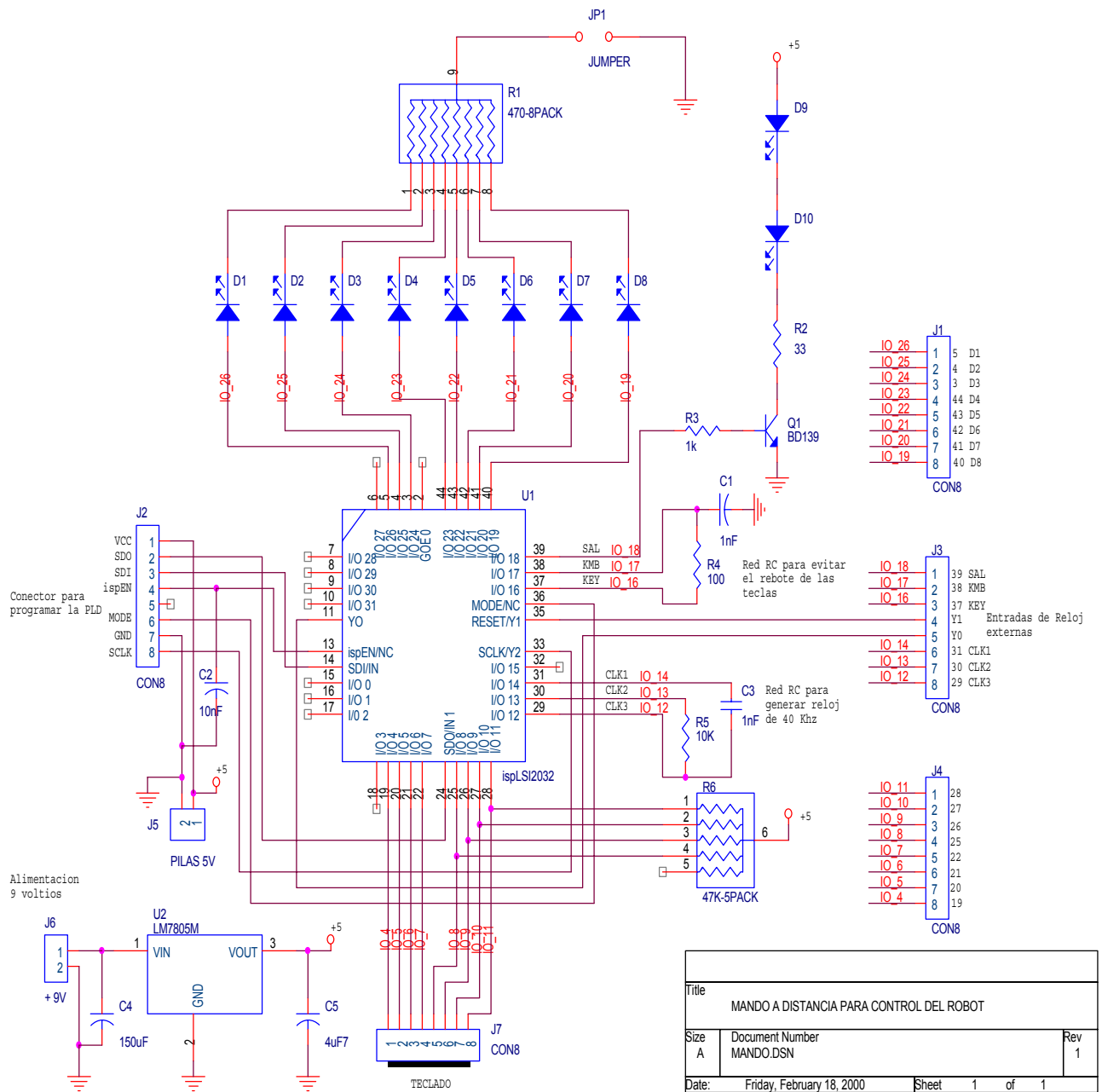
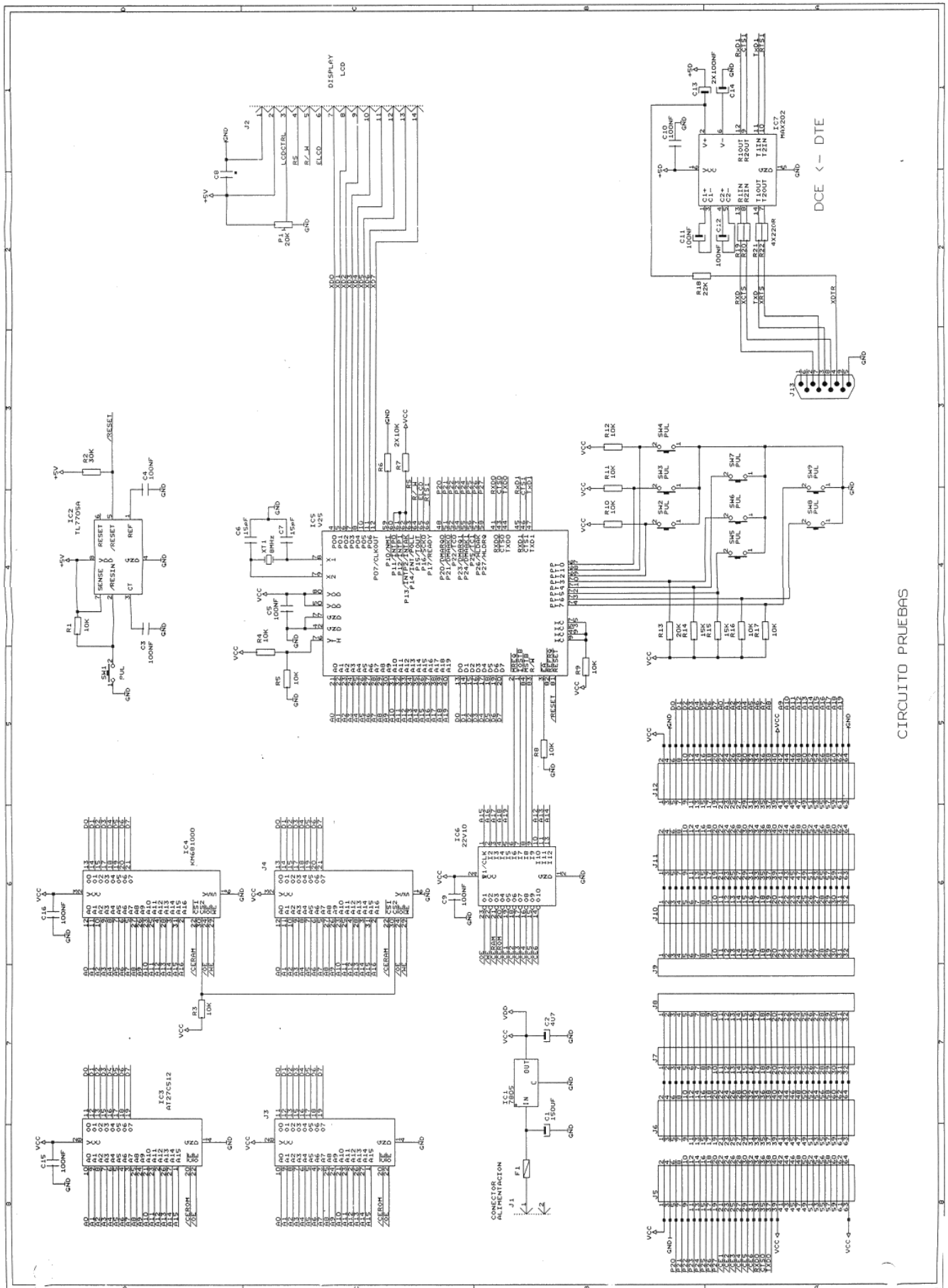


Fig. 18: Esquema placa mando a distancia.

5. Descripción del subsistema basado en el μ C V25

Las principales características del sistema son las siguientes:

- **Microcontrolador μ PD70320 (familia V25 de NEC):** Compatible a nivel de código de máquina con el μ P Intel 8086-8088, poseyendo además algunas instrucciones propias. Es un microcontrolador de 16 bits con bus externo de datos de 8 bits. Posee 3 puertos de E/S de 8 bits (P0, P1 y P2), un puerto de entrada de 8 bits (PT), 3 Timers, una DMA de dos canales, una UART de dos canales y, una versión avanzada, puede tener memoria EPROM interna.
- **Memoria EPROM :** Dispone de una memoria exterior de 64 Kbytes del tipo 27C512.
- **Memoria RAM :** Dispone de una memoria exterior estática (SRAM) de 128 Kbytes del tipo M681000.
- **Decodificación de la memoria :** La decodificación de la memoria está basada en un dispositivo programable del tipo GAL22V10.
- **Teclado:** Incorpora un teclado de 8 pulsadores conectados al puerto PT .
- **Bus de expansión:** Para conectar y probar fácilmente circuitos auxiliares (como por ejemplo, la placa interfaz con el brazo articulado).
- **Interfaz serie RS-232C :** Para el control remoto desde un ordenador y para la transferencia de datos. También es utilizado por el depurador del entorno de desarrollo.



CIRCUITO PRUEBAS

