T
629.832
C824
F.2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

"Desarrollo de un Modelo Experimental de un Control de Registro de Colores para impresoras Rotativas"

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de
INGENIERO en ELECTRICIDAD

Especialización: ELECTRONICA

Presentada por:

BOLIVIA PIEDAD CORREA TAYNIZ

Guayaquil - Ecuador
1987

AGRADECIMIENTO

ESPOL
1958
ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
CIB
D-7586

Al ING. CARLOS BECERRA ESCUDERO.
Director de Tesis por su ayuda y colaboración para la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Mi especial y sincero agradecimiento:

A LUIS CARRERA,

A todos mis profesores,

A los compañeros de Taller Eléctrico,

A mis compañeros, amigos politécnicos y a todas las demás personas que hayan contribuído en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

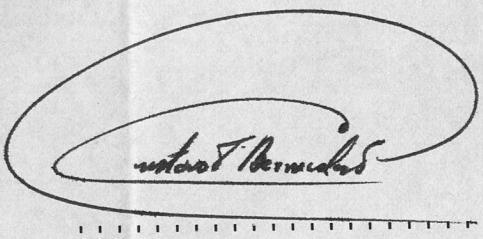
A MIS PADRES:

Por su abnegada decisión de sacrificio por ver realizado mis sueños.

A LEONARDO:

Que con su comprensión y apoyo moral he podido culminar mi carrera.

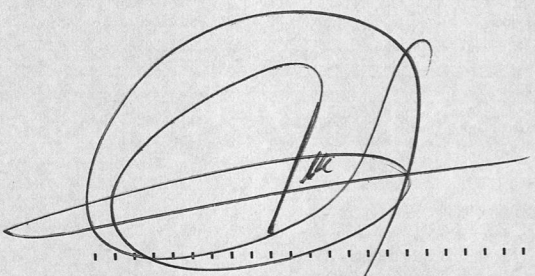
A MIS ALUMNOS.



ING. GUSTAVO BERMUDEZ F.

SUB-DECANO DE LA FACUL -

TAD DE ING. ELECTRICA



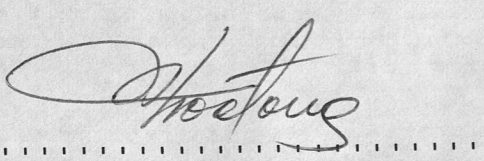
ING. CARLOS BECERRA E.

DIRECTOR DE TESIS



ING. CARLOS VILLAFUERTE.

MIEMBRO PRINCIPAL



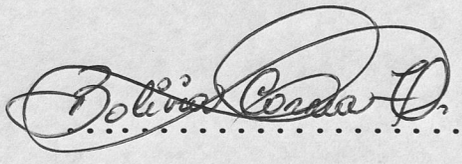
ING. NORMAN CHOOTONG CH .

MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).



BOLIVIA CORREA TAYNIZ.

RESUMEN

Este trabajo de género tecnológico, presenta un Prototipo desarrollado a nivel de Laboratorio, de un circuito Operacional que simula la ejecución del Control de Registro de Impresión de varios colores en Máquinas Rotativas.

El Prototipo utiliza detectores de proximidad sensibles a materiales ferromagnéticos por efecto Hall, para la creación de las entradas del Sistema. Estas entradas son varios trenes de pulsos que en el sistema real simulan las señales de color utilizadas en el Registro de Impresión.

Como elemento que desplaza al Rodillo de Registro de Color se utilizó un motor de paso con su respectivo circuito controlador.

El desarrollo de este trabajo de manera teórica y experimental se lo realizó en cuatro capítulos, describiendo el uso de las Máquinas Rotativas en la impresión de colores, sus formas de Control y Operación. Se analiza el Sistema de manera general, para luego desarrollar

el Modelo Experimental y finalmente tomar todas las pruebas experimentales necesarias.

EL sistema desarrollado puede convertirse en la base de una aplicación concreta en la Industria Nacional, debido a la necesidad de un circuito electrónico económico y de apreciable exactitud que minimice el corrimiento de impresión de cada color, en Sistemas Rotativos de velocidades entre 10 y 150 metros/minuto.

Por otro lado este Prototipo representaría poca tarea de mantenimiento una vez adecuado al sitio industrial. Este tipo de Control sería útil en la Industria de impresión en rollos de plástico.

INDICE GENERAL

	pág.
RESUMEN	VII
INDICE GENERAL	IX
INDICE DE FIGURAS	XI
INTRODUCCION	16
CAPITULO I	
GENERALIDADES SOBRE MAQUINAS ROTATIVAS DE PLASTICO	18
1.1 MECANISMOS BASICOS	19
1.2 FORMAS DE CONTROL	22
1.3 ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE REGISTRO ...	32
CAPITULO II	
DESCRIPCION Y ANALISIS DEL SISTEMA	34
2.1 ANALISIS DEL PROBLEMA	34
2.2 DETERMINACION DEL SISTEMA DE ENTRADA A UTILIZAR	35
2.3 DISEÑO DEL CONTROLADOR DEL SISTEMA	40
2.4 DETERMINACION DE LA SALIDA DEL SISTEMA	45
CAPITULO III	

Pág.

DISEÑO DEL MODELO EXPERIMENTAL 48

3.1 CRITERIOS DE ENTRADA Y SALIDA 48

3.2 DISEÑO DE LAS ETAPAS DEL CONTROL 55

3.3 PROPUESTA GENERAL DEL PROTOTIPO EXPERIMENTAL 74

CAPITULO IV

PRUEBAS EXPERIMENTALES 83

4.1 PRUEBAS DE SEÑALES DE ENTRADA 83

4.2 PRUEBAS DE SEÑALES DEL CONTROL DEL MOTOR ... 87

4.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS 102

4.4 COMPARACION CON MAQUINAS REALES EN LA INDUS-
TRIA LOCAL 107

4.5 SUGERENCIAS PARA LA IMPLANTACION 110

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 112

BIBLIOGRAFIA 115

INDICE DE FIGURAS

N°.		Pág.
CAPITULO I		
1.1	ESQUEMA GENERAL DE UN SISTEMA DE CONTROL CON CABEZA DE LAMPARA/FOTOCELDA	23
1.2	SISTEMA DE CONTROL DE REGISTRO DE COLORES APLICADO A UNA ROTATIVA DE HUECO GRABADO	25
1.3	SISTEMA DE CONTROL DE REGISTRO DE COLORES APLICADO A UNA ROTATIVA OFFSET A BOBINA	27
1.4	SISTEMA DE CONTROL DE REGISTRO DE CORTE APLICADO A UNA CORTADORA	29
1.5	SISTEMA DE CONTROL DE LA VISCOSIDAD DE LA TINTA	31
CAPITULO II		
2.1	BLOQUE DETECTOR BASADO EN EL EFECTO HALL	38
2.2	IDENTIFICACION DE TERMINALES PARA EL INTERRUPTOR DE EFECTO HALL	41

N°.		Pág.
2.3	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CIRCUITO CONTROLADOR SAA1027	43
2.4	FOTOGRAFIA DEL MOTOR DE PASO K82701-P2 Y DE SU RESPECTIVO CIRCUITO GOBERNADOR SAA1027	47
CAPITULO III		
3.1	DIAGRAMA DE BLOQUES RESUMIDO DEL SISTEMA	49
3.2	DIAGRAMA DE BLOQUES FUNCIONAL DEL GENERADOR DE PULSOS	51
3.3	CIRCUITO DE POLARIZACION USADO PARA LOS INTERRUPTORES CON EFECTO HALL	52
3.4	FOTOGRAFIA DEL CIRCUITO GENERADOR DE PULSOS	54
3.5	DIAGRAMA DE BLOQUES DE LAS ETAPAS DEL CONTROL	56
3.6	CIRCUITO MODIFICADOR	58
3.7	CIRCUITO AMPLIFICADOR INVERSOR	60
3.8	CIRCUITO AMPLIFICADOR DE DIFERENCIA ..	63
3.9	CIRCUITO INTEGRADOR	67
3.10	CIRCUITO COMPARADOR DE VENTANA	69
3.11	CIRCUITO SET/RESET	71

N°.		Pág.
3.12	CIRCUITO AMPLIFICADOR DE PULSO	73
3.13	DIAGRAMA CIRCUITAL COMPLETO DEL PROTOTIPO	75
3.14	FORMAS DE ONDA CORRESPONDIENTES AL PROCESO OPERACIONAL	78
3.15	ESTADOS DE V_T, V_R Y V_S	78
3.16	FOTOGRAFIA DEL CIRCUITO OPERACIONAL ..	79
3.17	FOTOGRAFIA DEL PROTOTIPO COMPLETO	80

CAPITULO IV

4.1	SEÑALES DE SALIDA DE LOS INTERRUPTORES MAGNETICOS CON EFECTO HALL, caso A ...	85
4.2	SEÑALES DE SALIDA DE LOS INTERRUPTORES MAGNETICOS CON EFECTO HALL, caso B ...	86
4.3	SEÑALES DE SALIDA DEL CIRCUITO MODIFICADOR, caso A	88
4.4	SEÑALES GENERADAS POR CADA AMPLIFICADOR INVERSOR,caso A	89
4.5	SEÑALES GENERADAS POR EL AMPLIFICADOR DE DIFERENCIA Y EL INTEGRADOR, caso A.	90
4.6	SEÑALES GENERADAS POR EL INVERSOR DE VOLTAJE Y EL COMPARADOR DE VENTANA,caso A	91

N°.		Pág.
4.7	SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA DEL CIRCUITO AMPLIFICADOR DE PULSO, caso A...	92
4.8	SEÑALES Vo1 Y Vo2 GENERADAS POR EL CIRCUITO GOBERNADOR DEL MOTOR DE PASO, caso A	93
4.9	SEÑALES Vo3 Y Vo4 GENERADAS POR EL CIRCUITO GOBERNADOR DEL MOTOR DE PASO, caso A	94
4.10	SEÑALES DE SALIDA DEL CIRCUITO MODIFICADOR, caso B	95
4.11	SEÑALES GENERADAS POR CADA AMPLIFICADOR INVERSOR, caso B	96
4.12	SEÑALES GENERADAS POR EL AMPLIFICADOR DE DIFERENCIA Y EL INTEGRADOR, caso B	97
4.13	SEÑALES GENERADAS POR EL INVERSOR DE VOLTAJE, CASO B	98
4.14	SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA DEL CIRCUITO AMPLIFICADOR DE PULSO, caso B ..	99
4.15	SEÑALES Vo1 Y Vo2 GENERADAS POR EL CIRCUITO GOBERNADOR DEL MOTOR DE PASO, caso B	100
4.16	SEÑALES Vo3 Y Vo4 GENERADAS POR EL CIRCUITO GOBERNADOR DEL MOTOR DE PASO,	

N°.		Pág.
	caso B	101
4.17	FOTOGRAFIA DEL MODELO EXPERIMENTAL EN PROCESO DE PRUEBA	105
4.18	FOTOGRAFIA DE LA VISTA SUPERIOR DEL MODELO EXPERIMENTAL	106

INTRODUCCION

En nuestra industria, muy comunmente se adquiere una marcada dependencia con el mercado internacional en lo referente a paquetes de sistemas y equipos electrónicos de control y operación. Sin embargo, en base a ciertos esfuerzos se puede establecer pequeños y medianos programas de desarrollo de circuitos prototipos que intenten aliviar los cotidianos problemas de costo y mantenimiento.

En el caso particular de los sistemas y equipos de Control de Impresión de colores en rollos de material plástico (celofán, polietileno, etc), se ha observado una enorme sofisticación técnico-económica que para el industrial limitado significa un gran esfuerzo económico y muchos trastornos con el mantenimiento.

En otras palabras, la producción internacional de confiables componentes discretos e integrados, debe permitir al profesional especializado contar con las herramientas necesarias para desarrollar circuitos electrónicos de menor costo y menor complejidad pero con una exigencia tecnológica competente, que sean aprovechados por el industrial nacional.

Esta Tesis expone lo que se ha estado diseñando y probando en el Laboratorio con un circuito de esa naturaleza, indicando a su vez que los cálculos y pruebas experimentales demuestran buenas perspectivas al circuito en lo referente a costo y mantenimiento.

No cabe duda de que para el desarrollo del Modelo Experimental también se puede utilizar circuitetía digital o Microprocesadores, pero se decidió desde un principio realizarlo con Amplificadores Operacionales debido a su versatilidad con que se puede utilizar en una gran variedad de aplicaciones tanto lineales como no lineales, con características excelentes y de bajo costo. Considerando además que de esta manera se obtendría un circuito que alcance ventajas económicas considerables y el mantenimiento correctivo y preventivo se convertiría en una tarea fácil, en comparación con el de un sistema sofisticado.

CAPITULO I

GENERALIDADES SOBRE MAQUINAS ROTATIVAS DE PLASTICO

Las Máquinas Rotativas utilizadas en la Industria, disponen generalmente de circuitos de Control de Registro de Colores que resultan muy complejos y muy costosos para la Industria local.

El trabajo realizado en esta Tesis de Grado trata de resolver este problema de complejidad y costo, desarrollando un Prototipo que simule la ejecución del Control de Registro de Colores especialmente en rollos de material plástico.

Este primer capítulo trata de explicar el mecanismo básico del proceso de impresión, mencionando los diferentes tipos de Control que se usan para las Máquinas Rotativas y las diferentes alternativas que se presentan para el desarrollo del Control de Registro de Colores.

1.1 MECANISMOS BASICOS

Para realizar el proceso de Impresión de Colores sobre el material, generalmente se suelen colocar "marcas de registro" en cada color, y se colocan una enfrente de la otra en el margen al borde de la bobina ó en línea con el margen que va en paralelo con la bobina.

Las "marcas de registro", necesitan tener un tamaño de 10 mm por 0,75 mm con una separación de 20 mm entre los bornes guías.

Estas "marcas de registro", son las que determinan la posición correcta para efectivar la impresión, indicando hacia o hasta donde debe imprimirse lo que fuere necesario sobre el material y son fijadas en el primer cuerpo de impresión de colores.

La mayor parte de las Rotativas usan cabezas de aná - lisis ó "cabezas rastreadoras", que se montan en el segundo cuerpo de impresión y en cada uno de los cuerpos de impresión siguientes.

Cada una de éstas cabezas rastreadoras disponen de fotocélulas en miniatura conectadas con elementos lógicos electrónicos que permiten el reconocimiento de las marcas de entre el resto del material a imprimirse.

Además estas cabezas rastreadoras cumplen con la función normal de detectar variaciones de registro entre los pares normales de marcas.

Sobre los cilindros de impresión se registran las diferentes marcas que se necesitan imprimir.

Toda la impresión pertinente de los cilindros podría ser chequeada por registro de marcas. Los diferentes tipos de registro de marcas a ser encontradas sobre los cilindros de impresión son:

- Marcas en atraso;
- Marcas en adelanto;
- Marcas opuestas.

El Sistema de Registro de marca depende del tipo

de material a ser impreso, del espacio disponible sobre el material y del sistema de control.

El tipo de cabezas rastreadoras usadas depende de el tipo de control de registro usado y del sistema de registro de marca adoptado.

Si los cilindros con marcas de registro grabadas no están disponibles, ó cilindros con registro de marcas que no se ajustan al tipo de control de registro adoptado, se puede usar otro proceso de grabado:

- Se realiza un formato mostrando el tipo de registro de marca que se desea obtener.

- Todas las marcas de registro son dibujadas en negro sobre el formato original, antes de que sea fotografiado.

- Todas las marcas de registro, por lo tanto aparecerán en el negativo.

- Cuando los tejidos son transferidos a los cilindros de impresión, todas las marcas de re-

gistro excepto las marcas requeridas son bloqueadas.

Este proceso asegura un buen registro de marca.

En cada Unidad de Impresión se realiza la impresión de un sólo color, después de haber completado con el proceso de impresión de todos los colores, se procede al secamiento del material para finalmente enrrollar el material impreso.

En la figura 1.1 se ilustra el esquema general de un sistema de control con cabeza de lámpara/fotocelda del modelo Autotrón 150, el cual ha sido tomado como modelo de referencia para el desarrollo de este trabajo.

1.2 FORMAS DE CONTROL

El Sistema de Impresión de Colores utiliza diversos tipos de controles que se aplican a las Rotativas de huecograbado y a las Rotativas offset a bobinas.

En la figura 1.2 se muestra un Sistema de control

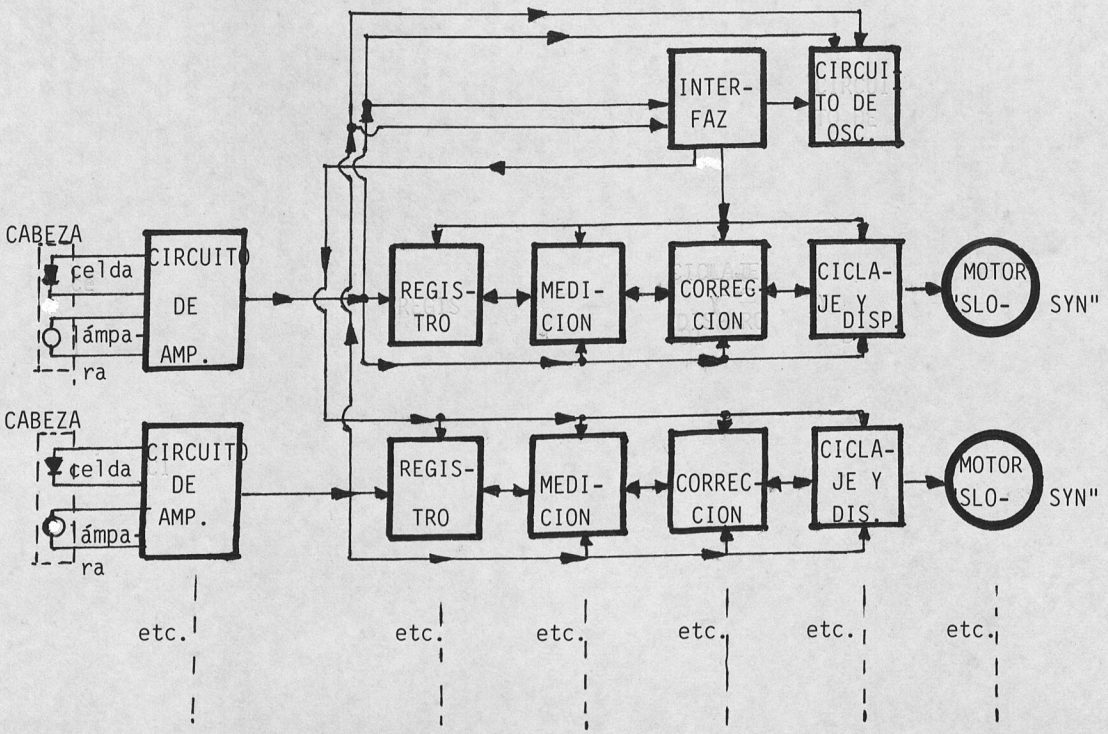


FIGURA 1.1.

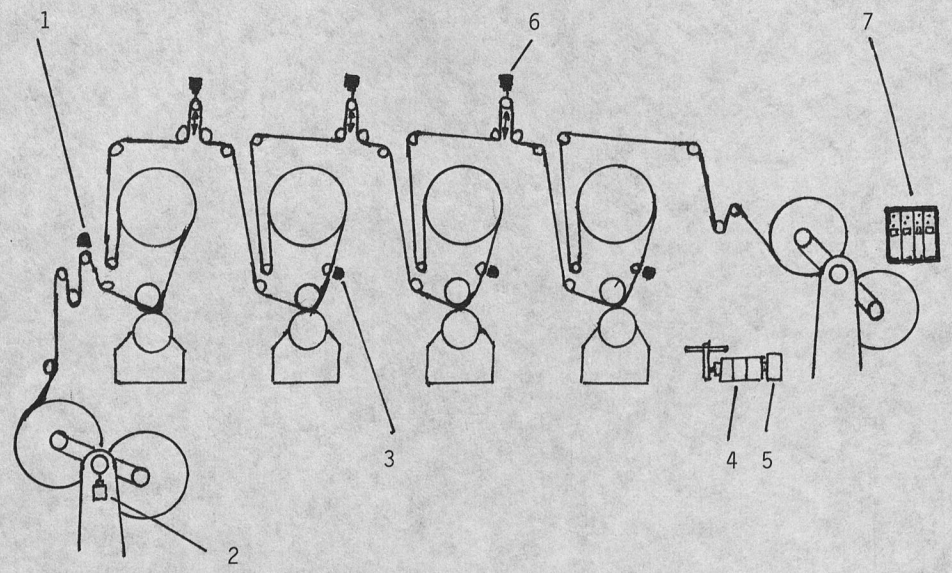
ESQUEMA GENERAL DE UN SISTEMA DE CONTROL CON CABEZA DE LAMPARA/FOTOCELDA

aplicado a una Rotativa de huecograbado.

Entre las formas de Control para Rotativas se usan los siguientes:

- Control de Registro de circuito totalmente integrado con reconocimiento de marca electrónica.

  Este tipo de control de registro ha logrado un control idóneo para rotativas offset a bobina, dónde no es posible montar una cabeza exploradora después de cada cuerpo de impresión, tal como sucede en rotativas de huecograbado, porque la bobina no dispone de soporte y es inestable. En vez de esto, se exploran los cuatro colores allí donde la bobina deja el secador y pasa sobre un rodillo o rodillos. A medida que la bobina pasa a través del secador, se contrae un cierto valor y, consecuentemente, la posición de las marcas de registro para con la rotativa cambia y no puede utilizarse un control de registro convencional porque la regulación mecánica resulta imposible.



1 CABEZA EXPLORADORA DE LENTES GIRANTES
2 MOTOR DE CORRECCION
3 CABEZAS EXPLORADORAS
4 COMPUTADOR DIGITAL
5 ANCODIFICADOR (opcional)
6 MOTORES DE REGISTRO
7 ARMARIO ELECTRONICO CON PANEL DE CONTROL

FIG. 1.2 SISTEMA DE CONTROL DE REGISTRO PARA UNA ROTATIVA DE HUECOGRABADO

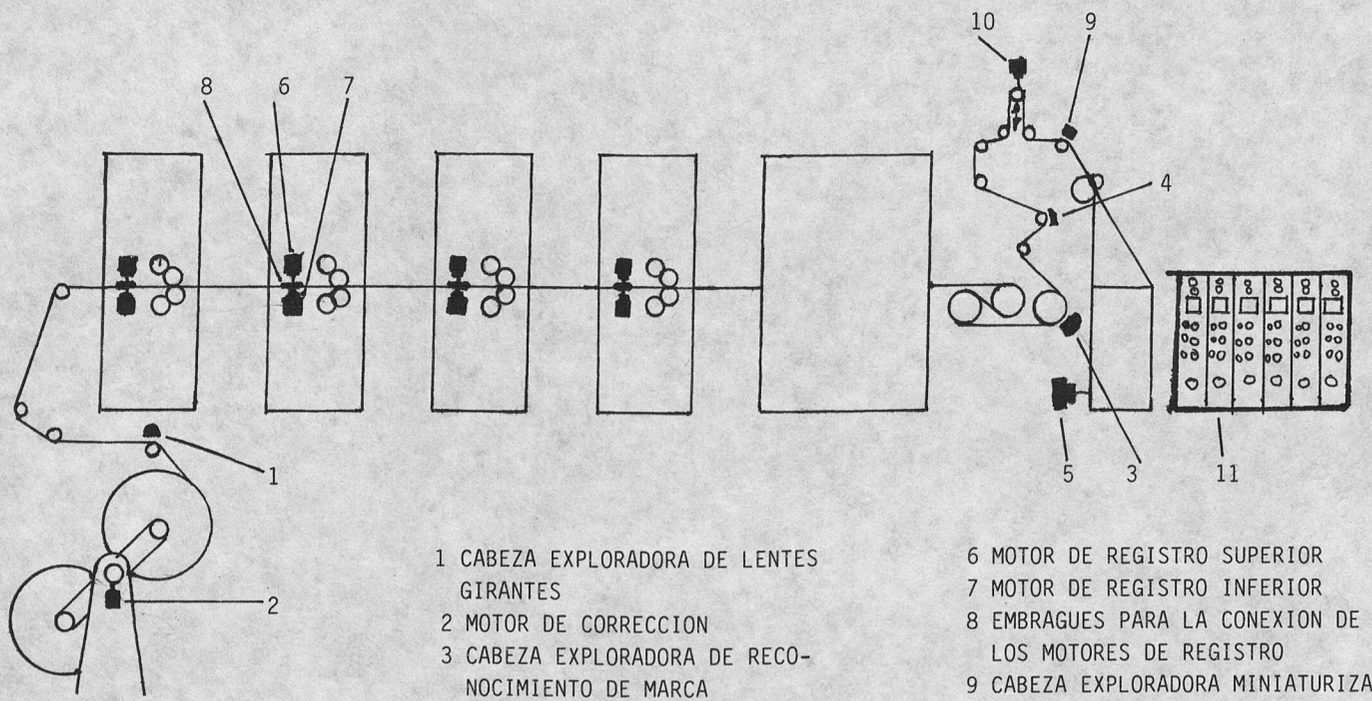
Se imprime una marca de registro de color en cada color, las cabezas exploradoras se montan después del secador y seleccionan las marcas de registro del resto de la impresión y actúan sobre controles automáticos que ajustan la posición circunferencial de los cilindros de impresión en la rotativa. Las marcas de registro se pueden imprimir de extremo en un margen en ángulos rectos para con el borde de la bobina o una enfrente de la otra en un margen paralelo al borde de la bobina.

La figura 1.3 muestra un sistema de control aplicado a una rotativa offset a bobina.

- Control de Registro de Corte en la impresión.

Este es un sistema de control de registro idóneo para usarse en aplicaciones de corte de impresión. Este sistema dispone de las siguientes características:

- No nacesita marcas de registro;



1 CABEZA EXPLORADORA DE LENTES GIRANTES
2 MOTOR DE CORRECCION
3 CABEZA EXPLORADORA DE RECONOCIMIENTO DE MARCA
4 CABEZAS EXPLORADORAS DE DOBLE CANAL
5 COMPUTADOR DIGITAL
6 MOTOR DE REGISTRO SUPERIOR
7 MOTOR DE REGISTRO INFERIOR
8 EMBRAGUES PARA LA CONEXION DE LOS MOTORES DE REGISTRO
9 CABEZA EXPLORADORA MINIATURIZADA
10 MOTOR DE CORECCION
11 ARMARIO ELECTRONICO CON PANEL DE CONTROL

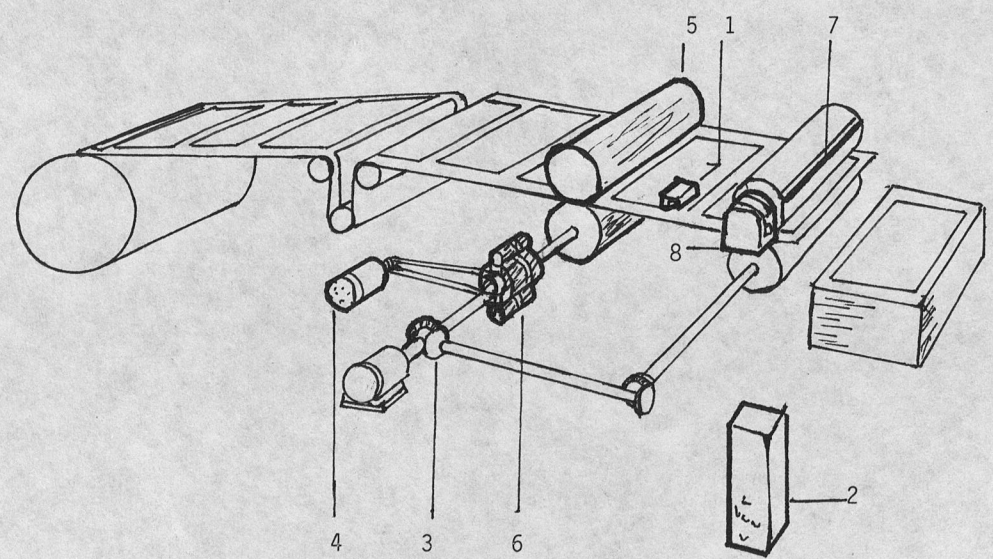
FIG.1.3 SISTEMA DE CONTROL DE REGISTRO PARA UNA ROTATIVA OFFSET A BOBINA

- En caso de necesitar una marca de registro, basta con que sea de 10mm de longitud por 0,5mm de ancho;
- Un temporizador motorizado ideado para lograr la colocación en forma sencilla, accionado desde la máquina de tal forma que vaya en relación al mecanismo de corte;
- Una cabeza exploradora en miniatura que ocupa un mínimo de espacio.

La figura 1.4 muestra un sistema de control de registro acoplado a una cortadora.

- Control automático de la viscosidad de la tinta.

Durante la impresión normal, la capa de tinta se espesa gradualmente dado que el disolvente se evapora hasta que el maquinista tiene que añadir más disolvente. Con este sistema de control, sin embargo, se añade una dada cantidad de disolvente cuando el mismo es necesario. Por ello, la capa de tinta permanece constante



1 CABEZA EXPLORADORA MINIATU-
2 UNIDAD DE CONTROL
3 ACCIONAMIENTO PRINCIPAL
4 MOTOR DE CORRECCION
5 RODILLOS DE TRACCION
6 ENGRANAJES EPICICLICOS
7 CUCHILLA DE CORTE
8 SINCRONIZADOR

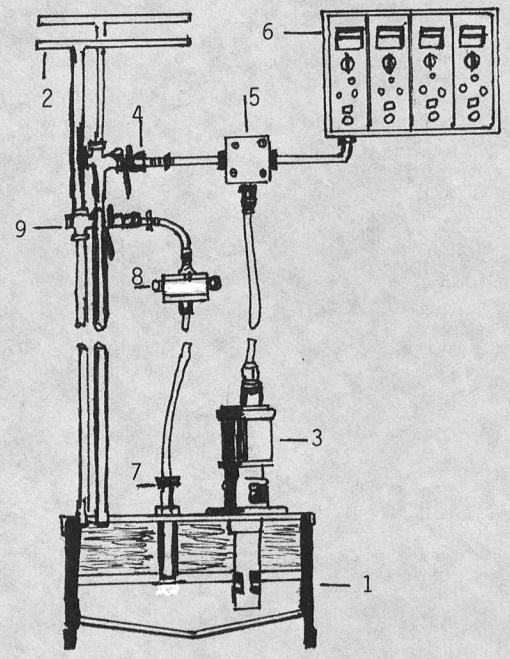
FIGURA 1.4 SISTEMA DE CONTROL DE REGISTRO APLICADO A UNA CORTADORA

sin pérdida de tinta. El dispositivo de medida consiste en un motor a prueba de fuego, montado en la parte superior del tanque de tinta, que hace girar un pequeño cilindro (unidad sonda) dentro de la tinta. Un cambio en la viscosidad de la tinta provoca un cambio en la sonda sobre el cilindro el cual a su vez cambia la corriente eléctrica en el motor con lo que se tiene un modo idóneo de medida de viscosidad. Cada vez que tiene lugar un error de viscosidad, se añade automáticamente disolvente a la tinta del tanque en una cantidad directamente proporcional a la magnitud del error. Se pueden utilizar válvulas de disolvente accionadas neumáticamente o eléctricamente las cuales están conectadas bien sea al tubo de suministro de disolvente o a un tanque independiente.

En la figura 1.5 se muestra el equipo utilizado para este tipo de control.

- Control de la velocidad variable preciso.

Este sistema está accionado mediante una caja



1 TANQUE DE TINTA
2 SUMINISTROS DE TINTA Y DISOLVENTE

COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL

3 MOTOR DE VISCOSIDAD
4 VALVULA DE DISOLVENTE ACCIONADO NEUMATICA O ELECTRICAMENTE
5 UNIDAD DE LA VALVULA DE AIRE
6 ARMARIO DE CONTROL DE CHASIS

CONTROL DE NIVEL AUTOMATICO (opcional)

7 PALPADOR DEL NIVEL DE TINTA
8 REGULADOR DE NIVEL
9 VALVULA DE TINTA ACCIONADA NEUMATICA O ELECTRICAMENTE.

FIGURA 1.5 SISTEMA DE CONTROL DE LA VISCOSIDAD DE LA TINTA

de engranajes epicíclica que se manipula desde un punto conveniente en el eje de accionamiento de la rotativa. Un accionamiento adicional desde la entrada de esta caja de engranajes funciona la caja de engranajes de relación variable. El extremo final de la caja de engranajes de relación variable está embragado al dispositivo exterior de la caja de engranajes epicíclica. El extremo final de la caja de engranajes epicíclica, que controla la velocidad de la alimentación de los rodillos de tracción, se puede colocar mediante un motor Slo-syn que está controlado desde una unidad electrónica. Se usa una esfera calibrada con el correspondiente medidor de relación para efectuar ajustes de relación en el panel de control.

1.3 ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE REGISTRO

Entre las alternativas que se presentan para el Desarrollo del Control de Registro de Colores; está la forma cómo se desarrolló el diseño del circuito - objeto de este trabajo.

Usando detectores de proximidad para sensar los impulsos eléctricos ó marcas de registro en lugar de usar lámparas fotocéldas, circuitería analógica para el proceso de control, el circuito gobernador y el motor de paso que correspondería al motor de registro en el sistema real.

En lugar de usar circuitería analógica para las diferentes etapas del control existe la alternativa de usar circuitería digital o desarrollar un programa para el microprocesador de tal suerte que se envíen las señales del control del motor en forma correcta.

Como alternativa y para que sea compatible con circuitos de equipos electromecánicos convencionales, el Prototipo puede utilizar un circuito de disparo por tiristores para rotar motores "slo - syn" en lugar de la etapa correspondiente al circuito gobernador SAA-1027 y sus accesorios.

CAPITULO II

DESCRIPCION Y ANALISIS DEL SISTEMA

Con el propósito de reemplazar la circuitería sofisticada de un Sistema de Control de Registro de Colores en Impresoras Rotativas, nació la idea de desarrollar un Prototipo Experimental de un Control Operacional sencillo que colme las necesidades de funcionamiento, especialmente en trabajos de impresión con lienzos de material plástico.

En el presente Capítulo se expone el problema-objeto de este Trabajo. Se describe y analiza el Sistema, determinando las Entradas, Controlador y Salidas del Sistema.

2.1- ANALISIS DEL PROBLEMA

El objetivo de este Trabajo es el de desarrollar un Modelo Experimental a nivel de Laboratorio de un circuito Operacional que simule la ejecución de un Control de Registro de Colores en rollos de material plástico.

Por lo tanto este Trabajo abarcaría información básica de dispositivos generadores de pulsos, elementos lineales, circuitos integrados analógicos, elementos discretos, dispositivos de control, etc. Así como información de Máquinas Rotativas que dispongan de circuitos de control totalmente integrados con reconocimiento de marca electrónica.

Finalmente, se considerará el aspecto económico y funcional del sistema ya existente en la industria local, destacando también sus principales ventajas.

2.2 DETERMINACION DEL SISTEMA DE ENTRADA A UTILIZAR

De acuerdo a los requerimientos del circuito, se procede a seleccionar el Sistema de Entrada a utilizar.

La entrada al sistema en general será un circuito generador de varios trenes de pulsos que simularán tanto la señal de color "guía" como las señales de "registro de marca" de colores adicionales.

Esto se logró utilizando detectores de proximidad,

nombre que se aplica a un modo general a cualquier dispositivo eléctrico, electromecánico o electrónico, capaz de reaccionar en forma conocida y aprovechable ante un objeto situado en un entorno definido del mismo.

El entorno de reacción define el campo de sensibilidad. Se supone siempre que para que la reacción se produzca, sólo se precisa la proximidad física entre objeto y detector, sin necesidad de contacto mecánico alguno entre ambos.

La reacción puede efectuarse por simple presencia del objeto (detecciones estáticas) o mediante el movimiento del mismo dentro del campo de sensibilidad del detector (detecciones dinámicas).

El campo de sensibilidad está formado por una zona del espacio en la que ocurre un determinado fenómeno producido o aprovechado, con la suficiente definición e intensidad, por el dispositivo detector, que produce reacciones físicas sobre los materiales objeto de la sensibilidad del detector.

Se usa un circuito detector de proximidad inductivo sensible a materiales ferromagnéticos, como su nombre lo indica reacciona ante la presencia de

de materiales ferromagnéticos.
En ellos se hace uso de un campo magnético estático (generalmente producido por imanes permanente incorporados en el propio detector) conducido por un camino de elevada reluctancia (generalmente el aire) que es modificada por la presencia del material ferromagnético a detectar. Un incremento de este campo, o un desequilibrio en una determinada zona del mismo, podrá ser fácilmente puesto de relieve por diversos medios.

El circuito es un detector sensible a materiales ferromagnéticos por efecto Hall, en el se hace uso de una célula de efecto Hall como sistema detector de las variaciones de campo magnético.
Estos detectores no son nunca pasivos, precisando potencia para su funcionamiento. En mayor o menor grado, su lógica de funcionamiento responde al diagrama de bloques de la figura 2.1.
En algunos casos el detector de efecto Hall no incorpora los imanes creadores del campo, sino que se utiliza con un actuator de magnetismo permanente.

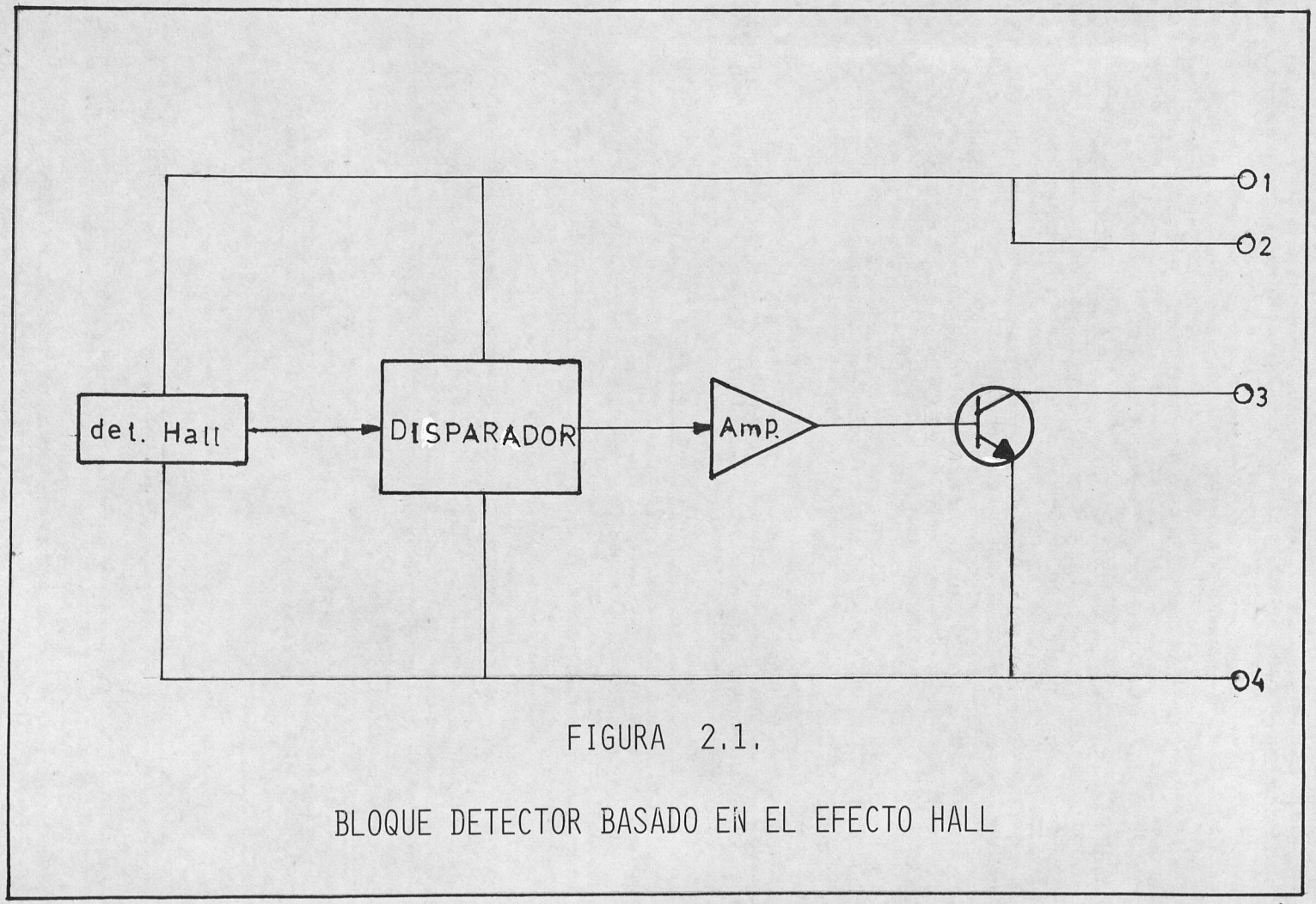


FIGURA 2.1.

BLOQUE DETECTOR BASADO EN EL EFECTO HALL

Características medidas

-Sensibilidad: a) En campo magnético

Excitación (gauss), mínima 300, máxima 700.

Desexcitación (gauss), mínima 100, máxima 500.

b) En distancias (sin elementos exteriores de magnetismo permanente concentredores de flujo).

Excitación, aproximadamente 2,5mm mínimo.

Desexcitación, aproximadamente 3,7mm máximo.

-Velocidad: máxima 10^5 maniobras/segundo.

-Potencias: a) Alimentación, 5V y 6mA (30mW)(TTL).

b) Carga, 10V y 10mA (100mW).

El circuito 2761646 de la Radio Shack, es el interruptor de efecto Hall que se utiliza en el desarrollo del Prototipo para la generación de los trenes de pulsos que constituyen el Sistema de entrada. Cada circuito consiste de un generador Hall de silicio, un amplificador y etapas de salida y de disparo

integradas con su propio regulador de voltaje en un encapsulado monolítico de silicio.
Está especificado con un punto de activación típico de 300 gauss y de desactivación de 210 gauss.

La figura 2.2 muestra la identificación de terminales para el dispositivo y cómo debe sensar el campo magnético.
En estado activado el terminal de salida se cortocircuita con el terminal común del sistema y la amplitud del voltaje de salida es constante e independiente de la frecuencia de operación del Sistema.

Especificaciones Técnicas

Fuente de Polarización : 20 Voltios máximo.
Densidad de Flujo magnético máximo: ilimitado.
Voltaje de salida "OFF" : 20 Voltios.

2.3 DISEÑO DEL CONTROLADOR DEL SISTEMA

El controlador del Sistema está formado por el circuito integrado SAA1027, que será el que gobierne

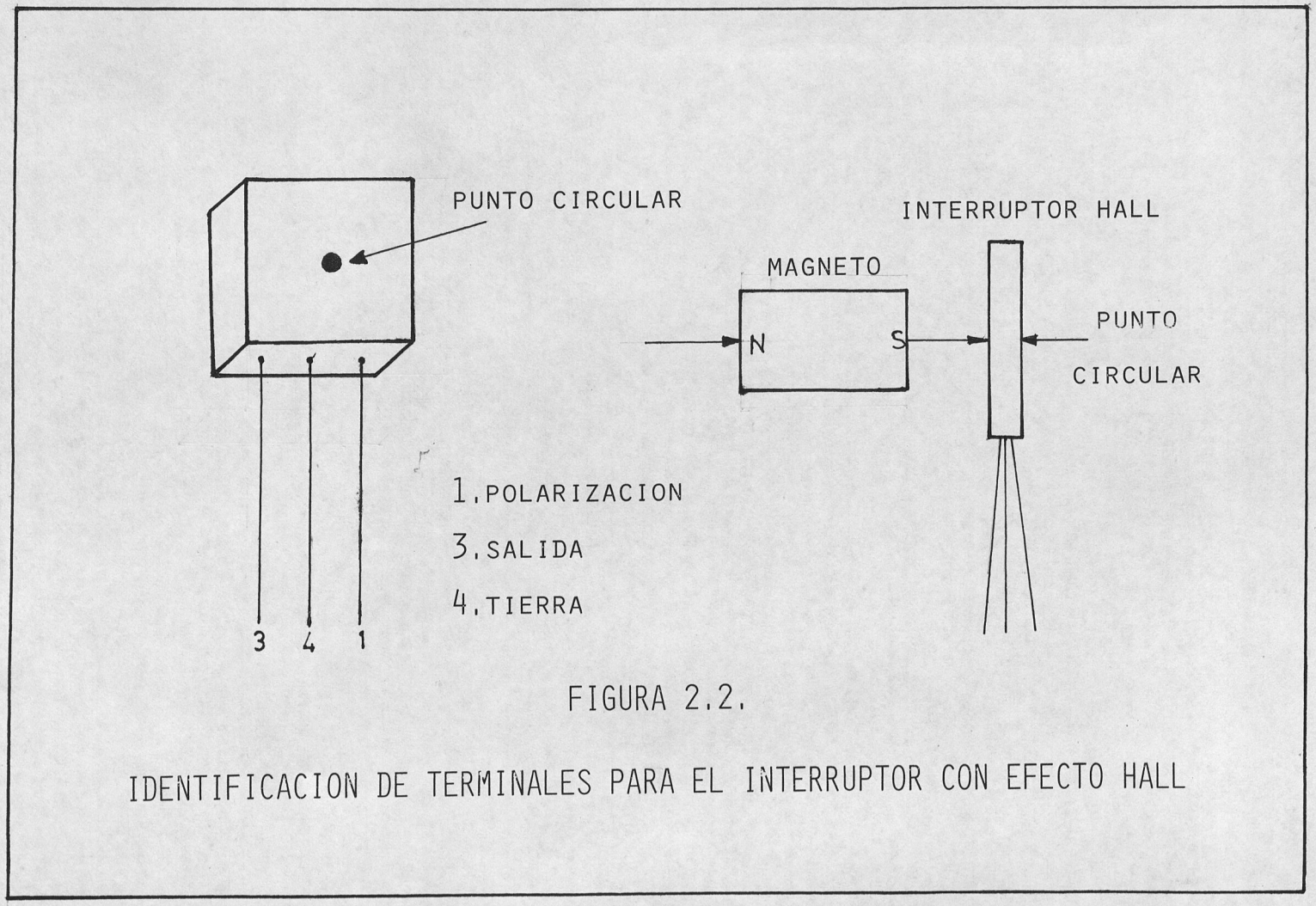


FIGURA 2.2.

IDENTIFICACION DE TERMINALES PARA EL INTERRUPTOR CON EFECTO HALL

la salida del Sistema.

El SAA1027 consiste de cuatro etapas de salida, una parte lógica y tres etapas de entrada.

La parte lógica es controlada por tres etapas de entrada:

- Una entrada Trigger.
- Una etapa de entrada que puede cambiar la secuencia de interrupción de la parte lógica, de manera que el motor pueda rotar a favor o en contra de las manecillas del reloj.
- Una etapa de entrada Set para fijar las cuatro etapas de salida.

Las tres etapas de entrada son compatibles con alto ruido inmunemente lógico para asegurar operación correcta, igual en ruidos del ambiente.

La salida puede entregar 350 miliamperios en cada fase. La secuencia de suicheo de las cuatro fases es obtenida de la parte lógica del circuito.

La figura 2.3 muestra el diagrama de bloques del circuito integrado SAA1027.

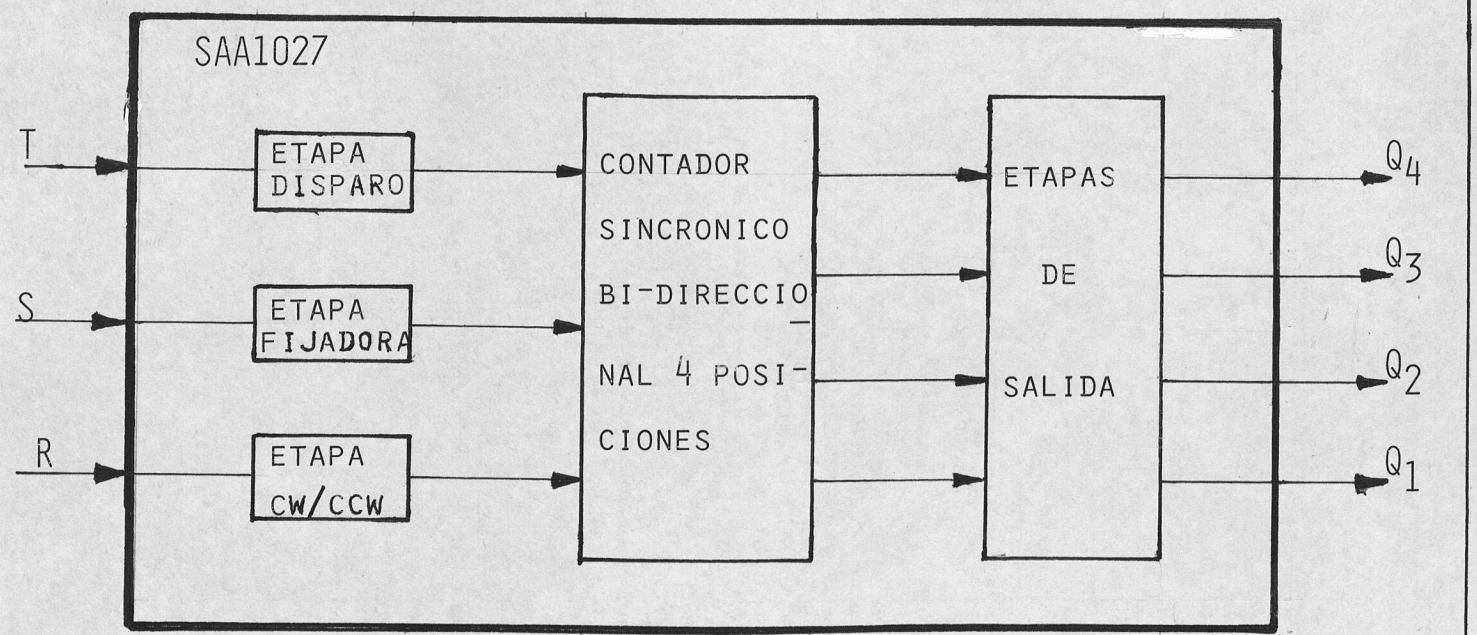


FIGURA 2.3.

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CIRCUITO CONTROLADOR SAA1027

Especificaciones técnicas

- Voltaje de alimentación Vp	9.5 a 18V.
- Corriente de carga (cada salida) Iq	350mA máx.
- Lógica para la operación	Cw y CCw.

Configuración de pines

1.- Nc	No conección
2.- S	Entrada Set
3.- R	Entrada Cw/CCw
4.- Vb	Fuente positiva
5.- Tierra	Fuente negativa
6.- Q1	Salida
7.- Nc	No conección
8.- Q2	Salida
9.- Q3	Salida
10.- Nc	No conección
11.- Q4	Salida
12.- Tierra	Fuente negativa
13.- Vd	Fuente positiva
14.- Vp	Fuente positiva
15.- T	Entrada de disparo
16.- Nc	No conección.

2.4 DETERMINACION DE LA SALIDA DEL SISTEMA

Como elemento de salida del Sistema utilizo motores de paso experimental tipo K82701-P2.

Este dispositivo es un motor de posición que posee la habilidad de rotar en una u otra dirección así como parar y arrancar en varias posiciones mecánicas rotativas, cuyo eje se mueve en precisos incrementos angulares por cada cambio en la excitación de entrada o paso.
El desplazamiento es repetido por cada paso comando.

El resultado de este tipo de movimiento es la habilidad del motor para la posición exacta del rotor en una conocida dirección.
El motor de paso sigue el control de posición, velocidad, distancia y dirección. Porque cada paso mueve el eje a una dirección conocida, el único error de posición del eje sumaría al único paso aproximado. Esta aproximación es generalmente 5 por ciento de un paso.El número de pasos en cada revolución de el eje varía, dependiendo de la aplicación deseada.

Los motores de paso están típicamente disponibles en pasos por revolución. Cada motor es construído por un ángulo de paso particular. Ellos pueden correr en una mitad el ángulo de paso, pero en un torque reducido.

Los motores de paso son generalmente controlados y manejados por fuentes de voltaje DC y circuitería lógica. El control provee la inteligencia así como la llave principal para el funcionamiento del motor. El grado de complejidad de un control puede variar desde un simple transductor de pulso a una unidad de alto-funcionamiento con aceleración automática y amortiguación electrónica.
Porque el control conoce la posición del eje por completo pero maneja alta velocidad de operación, el sistema puede correr en lazo abierto sin necesidad de realimentación. Este hecho hace atractivo al motor de paso sobre un Sistema Servomotor DC, el cual debe correr en lazo cerrado.

La figura 2.4 muestra la fotografía del motor de paso K82701-P2 y su respectivo circuito gobernador SAA1027.

Especificaciones del motor

Voltaje de polarización	12 Voltios
Potencia	8 vatios
PPS	0-300 Rot-Rev.
N°.Parte	K82701-P2
R.P.M	0-375

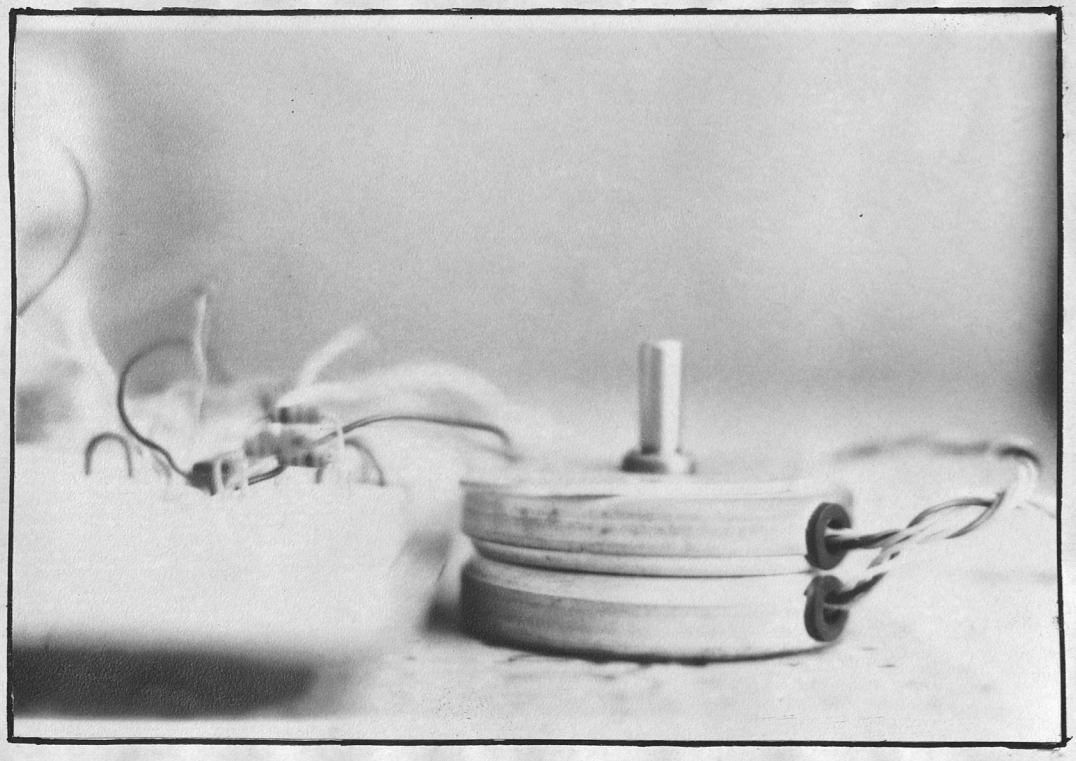


FIGURA 2.4.

FOTOGRAFIA DEL MOTOR DE PASO Y SU CIRCUITO GOBERNADOR SAA1027

CAPITULO III

DISEÑO DEL MODELO EXPERIMENTAL

Luego de haber determinado el sistema de entrada y salida, se procede a diseñar el Modelo Experimental.

La figura 3.1 muestra el diagrama del Sistema resumido en tres bloques.

Para el desarrollo de cada bloque se establece criterios de diseño que satisfacen los requerimientos del Sistema, proponiendo finalmente el Prototipo Experimental de manera general.

3.1 CRITERIOS DE ENTRADA Y SALIDA

Como criterio de entrada se utiliza la simulación de la señal "color guía" y señal "color adicional o de registro de marca", denominadas Vg y Vc respectivamente.

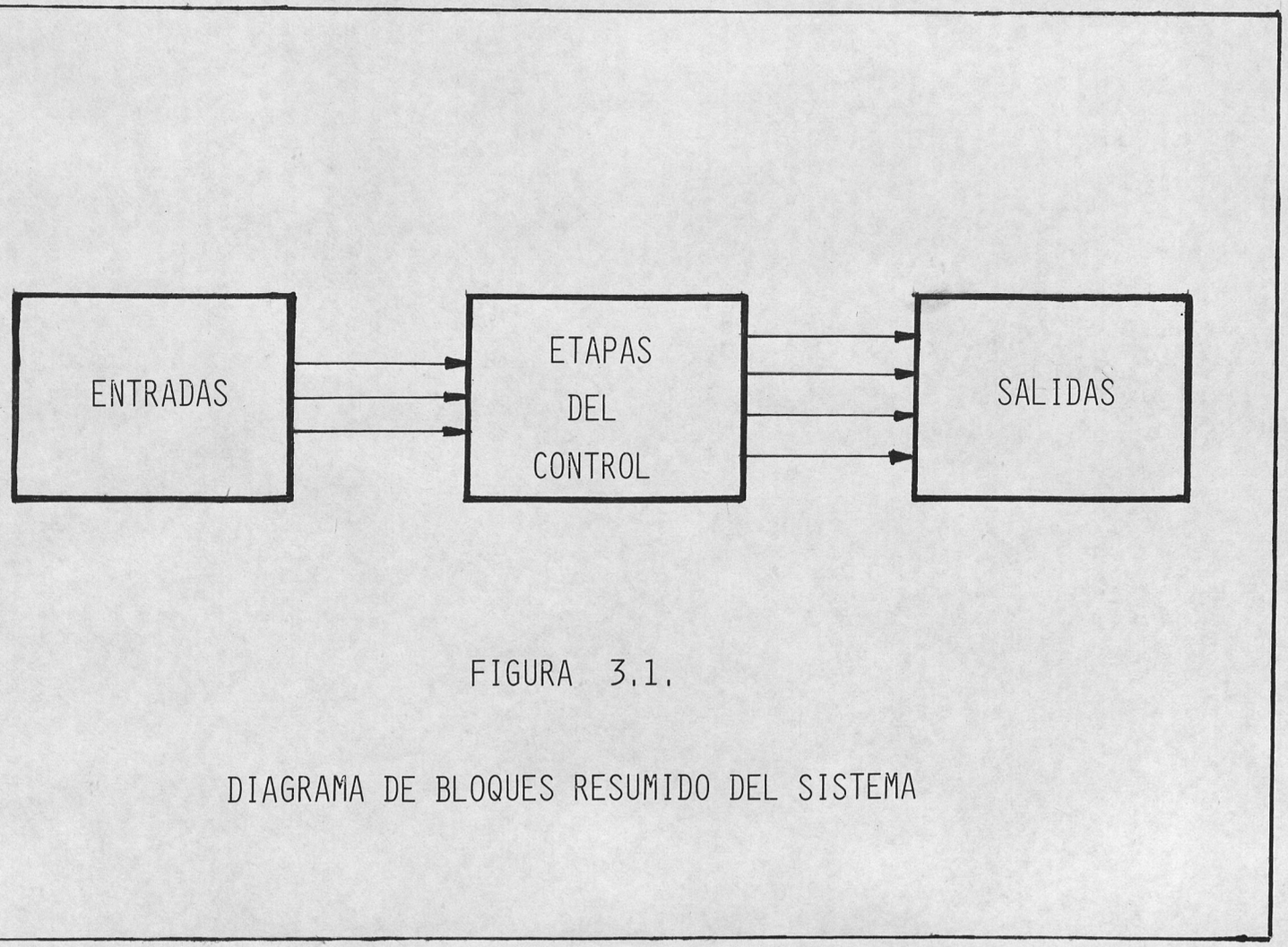


FIGURA 3.1.

DIAGRAMA DE BLOQUES RESUMIDO DEL SISTEMA

Estas señales son trenes de pulsos de igual magnitud y frecuencia pero desfasadas entre sí con un cierto ángulo en atraso o en adelanto según cómo se desee que funcione el Prototipo.

El diseño que acontinuación se expone es el circuito que genera las señales deseadas.
En primer lugar la figura 3.2 presenta un diagrama de bloques funcional del circuito generador de trenes de pulsos.

El primer bloque lo conforma un simple motorcito de corriente contínua, controlado por medio de una fuente de voltaje DC.

El segundo bloque está formado por circuitos de polarización de los interruptores de efecto Hall, utilizados como sensores de velocidad o transductores ya que traduce la velocidad del motorcito DC en señal de voltaje.

La figura 3.3 muestra el circuito de polarización

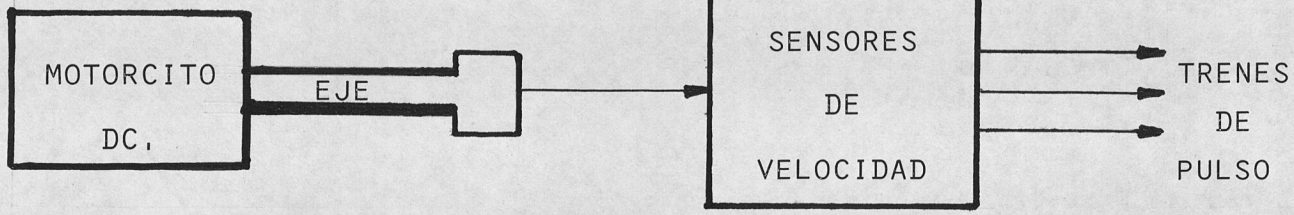


FIGURA 3.2.

DIAGRAMA DE BLOQUES FUNCIONAL DEL GENERADOR DE PULSOS

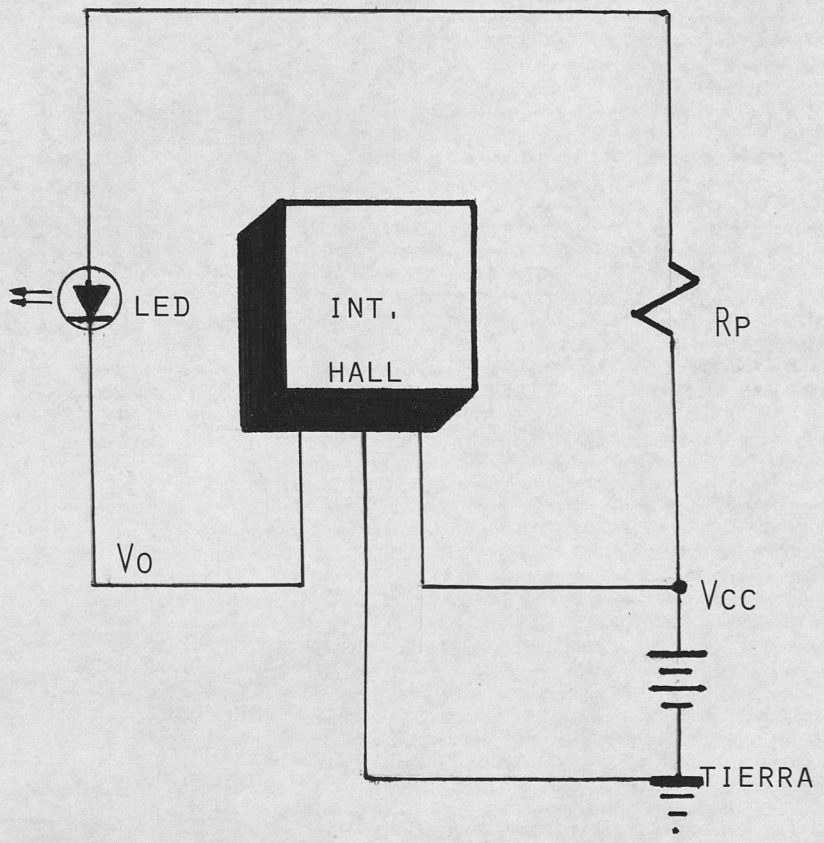


FIGURA 3.3.

CIRCUITO DE POLARIZACION USADO PARA LOS

INTERRUPTORES DE EFECTO HALL

usado para los interruptores de efecto Hall.

Los trenes de pulsos que se requieren se los obtiene de la siguiente manera:

- En el eje del motorcito DC se colocaron pedacitos de imán, los mismos que al polarizar el motorcito, girarán con su eje.
- Los imanes al pasar a cierta distancia del circuito de polarización de los interruptores de efecto Hall, logran que estos últimos generen una señal de voltaje.
- El número de veces que se genera ésta señal de voltaje será el mismo número de veces que el pedacito de imán pase junto al dispositivo de efecto Hall. Logrando así obtener los trenes de pulsos.

La figura 3.4 muestra la fotografía del circuito generador de pulsos y la posición de los dispositivos de efecto Hall.

El proceso de impresión de colores se lo realiza mediante la simulación de cada par de señales o trenes de pulsos analizados anteriormente.

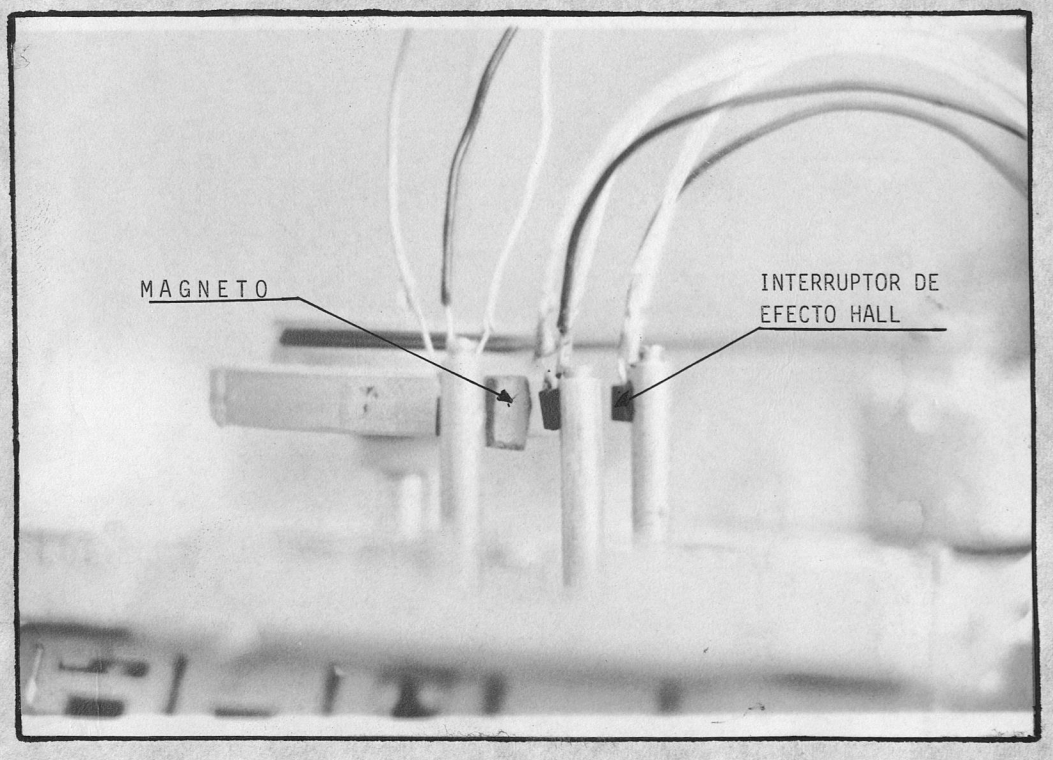


FIGURA 3.4.

FOTOGRAFIA DEL CIRCUITO GENERADOR DE PULSOS

Tal como se mencionó en el capítulo anterior, se utiliza motores de paso como dispositivos de salida del Sistema.

Cada motor de paso deberá recibir una señal que a travéz de su respectivo circuito gobernador le indicará hacia dónde debe girar.

El motor girará en el sentido de las manecillas del reloj si la señal de color adicional atrasa a la señal de color guía, en contra de las manecillas del reloj si la señal de color adicional adelanta a la señal de color guía, o estará en cero si ambas señales están en fase.

3.2 DISEÑO DE LAS ETAPAS DEL CONTROL

Una vez diseñado el Sistema de entrada, se procede a diseñar las etapas del control.

Se requiere de una señal de control que indique al circuito gobernador la activación, disparo y rotación de su respectivo motor de paso.

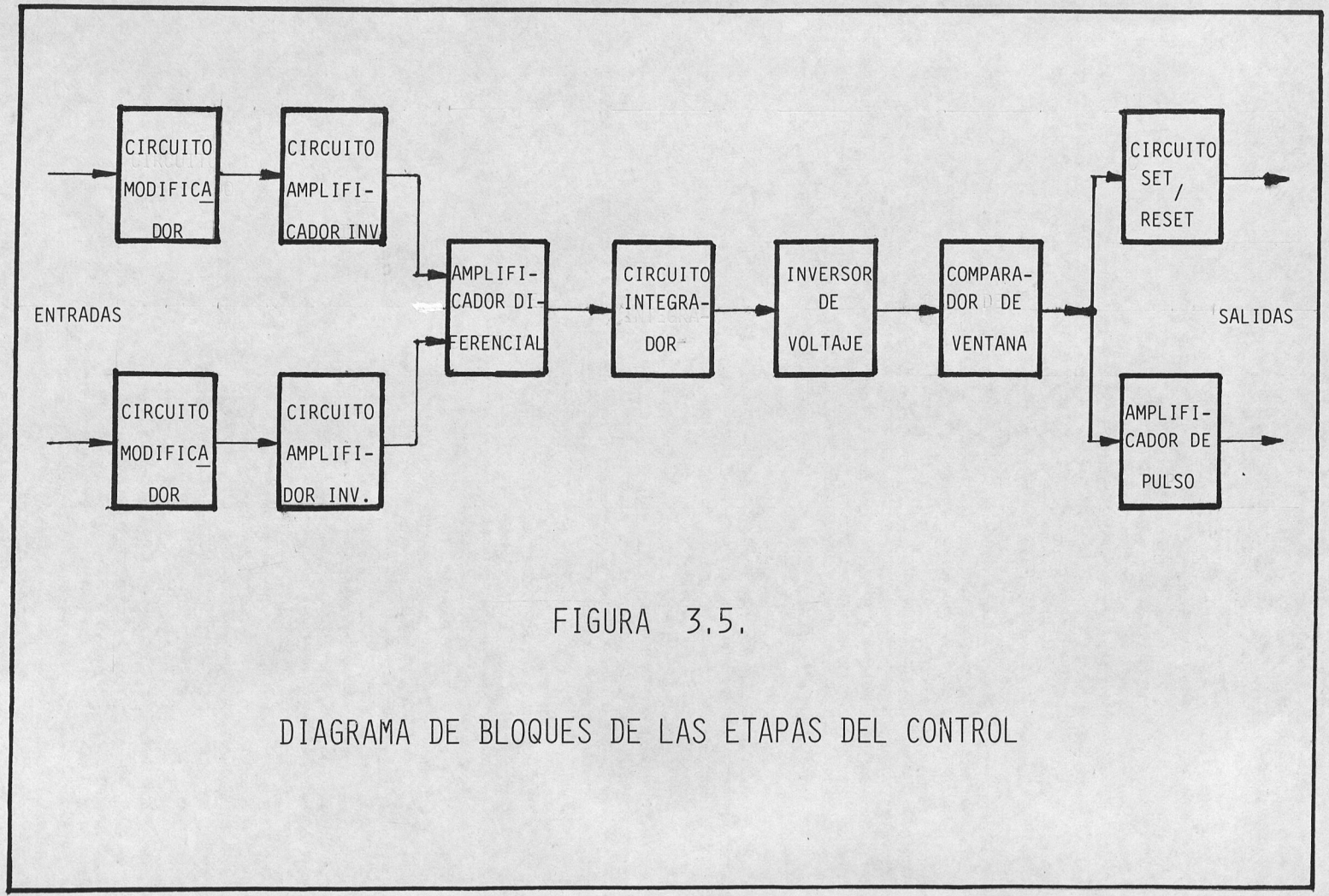


FIGURA 3.5.

DIAGRAMA DE BLOQUES DE LAS ETAPAS DEL CONTROL

La señal deseada se la obtiene a travéz de un circuito prácticamente Operacional, encargado de comparar y operar analógicamente los trenes de pulsos obtenidos en la etapa enterior.

El diagrama de bloques del circuito a diseñar es el que se muestra en la figura 3.5.

A continuación se explica el desarrollo de cada bloque de las etapas del control del Sistema:

a) CIRCUITO MODIFICADOR

El objetivo de este bloque es el de mejorar cada uno de los trenes de pulsos para luego pasar al circuito Operacional.

Este bloque está constituído por circuitos inversores TTL con disparador Schmitt 74LS14. Cada tren de pulsos es procesado por medio de una sexta parte del integrado TTL.

La figura 3.6 muestra la configuración del

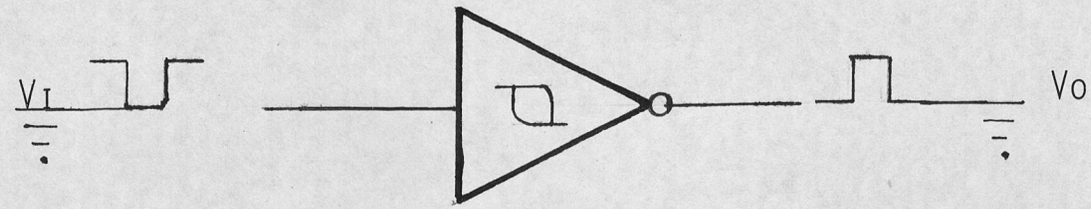


FIGURA 3.6.

CIRCUITO MODIFICADOR

circuito modificador y la manera como trata cada tren de pulsos.

b) CIRCUITO AMPLIFICADOR INVERSOR

Este circuito es un amplificador operacional con ralimentación, que da una ganancia controlada y una señal de salida invertida con respecto a la señal de entrada.
El circuito de un amplificador inversor se da en la figura 3.7.

El resistor Rf de realimentación se conecta entre los terminales de salida y el terminal de entrada inversor del amplificador operacional. El resistor en serie R1 se conecta entre el terminal de entrada inversor y la señal de entrada que se debe aplicar.La ganancia de lazo cerrado del amplificador de realimentación se designa como Avc.

Al calcular la ganancia del amplificador inversor se supone que el amplificador operacional es ideal. Por consiguiente, la ganancia

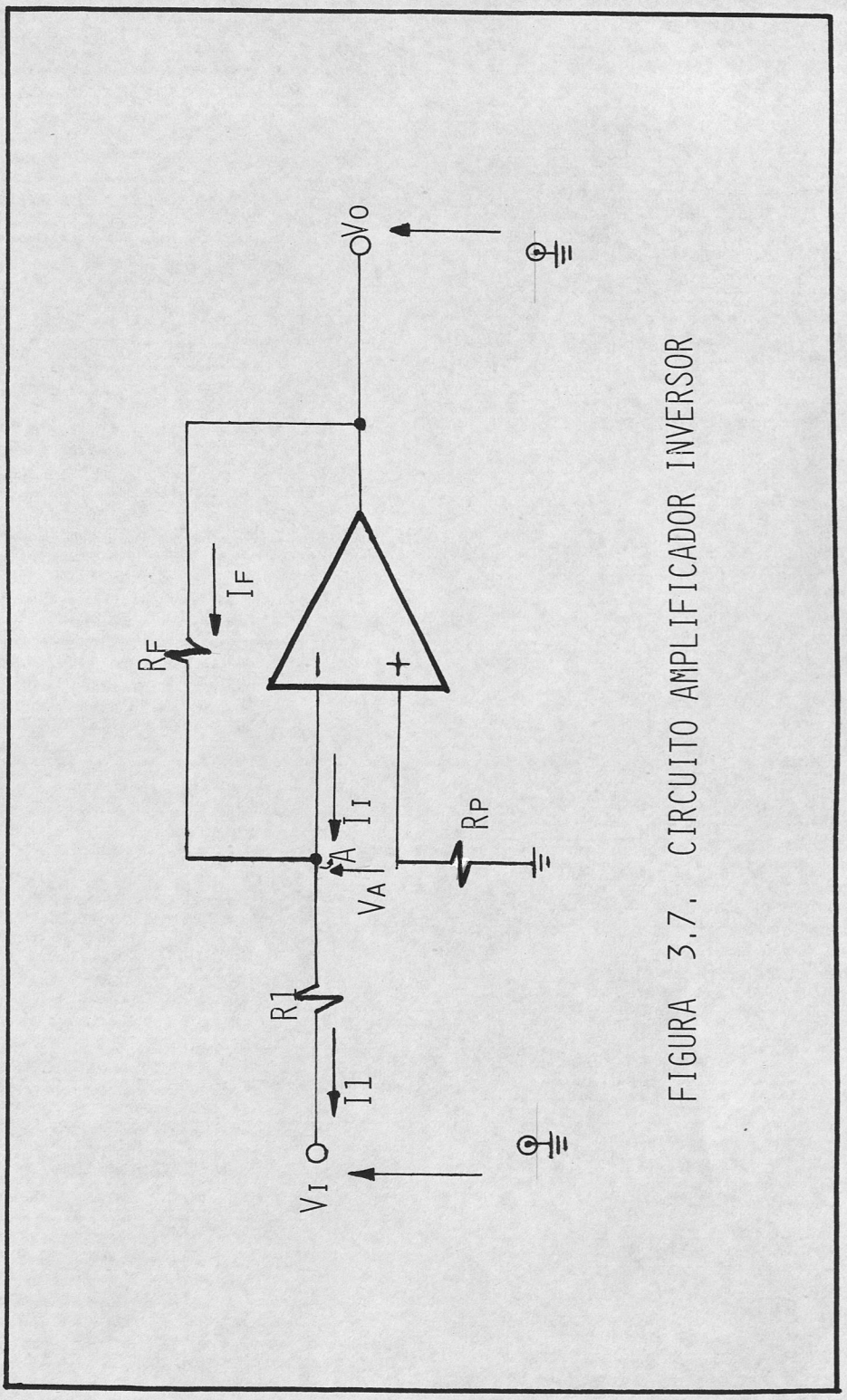


FIGURA 3.7. CIRCUITO AMPLIFICADOR INVERSOR

de lazo abierto es infinita y la corriente de entrada Ii, es cero. Puesto que el voltaje de salida Vo es finito, y la ganancia de lazo abierto, infinita, el voltaje diferencial Va es cero.Por consiguiente el nodo A se denomina "tierra virtual".

El resumen de las corrientes en el nodo A da:

$Ii = If$ y $Vi/Ri = -Vo/Rf$.

Al resolver para la ganancia de voltaje Avc se obtiene:

$Avc = Vo/Vi = -Rf/R1$.

Puesto que el nodo A está en el potencial tierra, la resistencia Ri es aproximadamente igual a R1.

Con el propósito de minimizar el efecto de las corrientes de polarización de entrada del amplificador operacional, se conecta un resistor Rp entre el terminal de entrada no inversor

del operacional y el terminal tierra del circuito con un valor igual al paralelo de los resistores Rf y R1.

c) AMPLIFICADOR DE DIFERENCIA

La configuración de un circuito amplificador de diferencia o substractor se muestra en la figura 3.8.

Este circuito da un voltaje de salida que es proporcional a la diferencia entre las señales de entrada inversora y no inversora. Mediante la aplicación de superposición se puede calcular el efecto de cada entrada sobre la salida.

El voltaje de salida Vo1 debido a V1 con V2 ajustado a cero es:

$$Vo1 = - (Rf/R1).V1$$

La salida Vo2 debido a V2 con V1 ajustado a cero es:

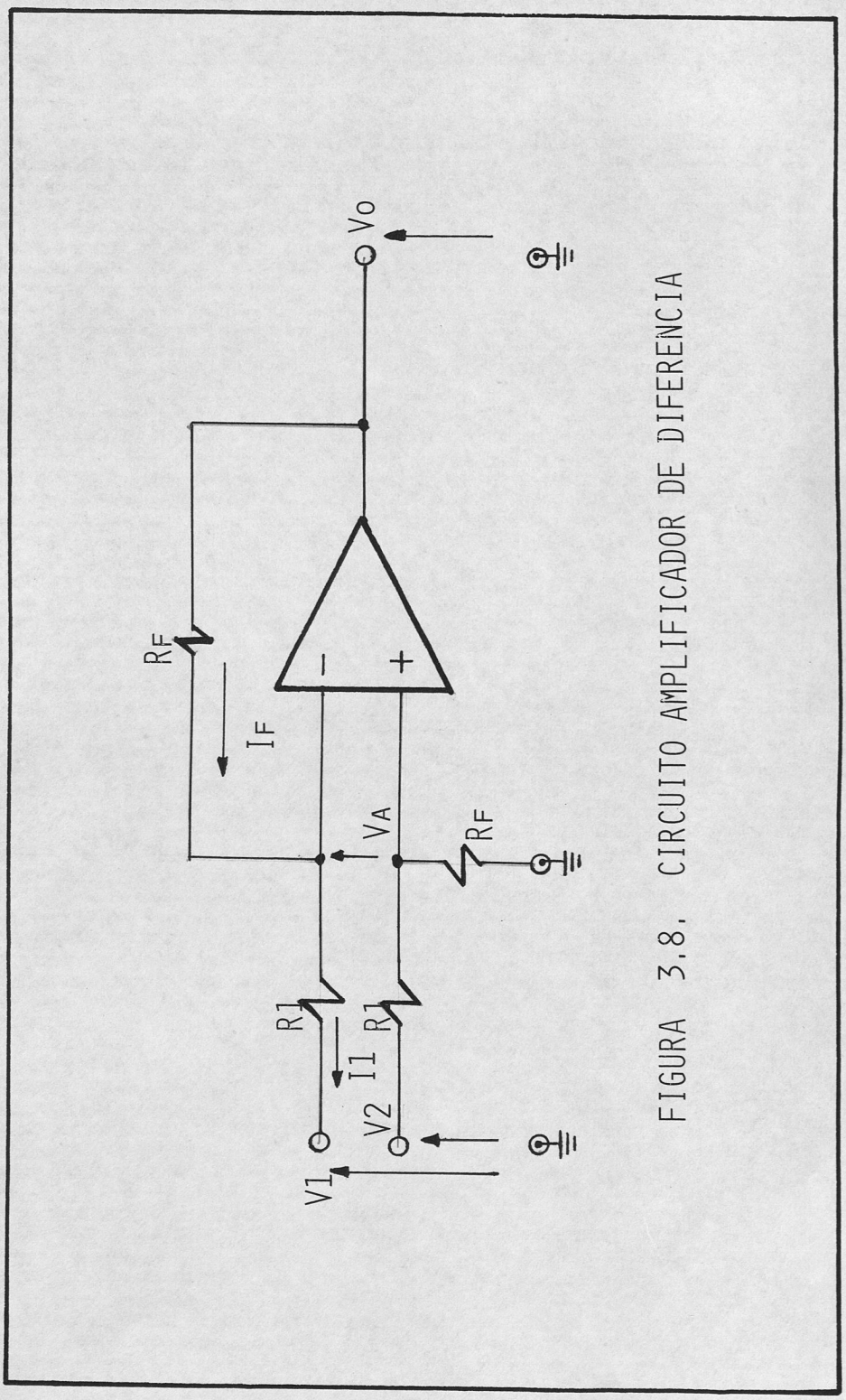


FIGURA 3.8. CIRCUITO AMPLIFICADOR DE DIFERENCIA

$Vo2 = (Rf/R1).V2$

La salida real es la adición de las dos salidas individuales:

$Vo = Vo1+Vo2 = (V2-V1).(Rf/R1)$

Las señales de entrada de un amplificador diferencial contienen dos componentes: Una señal de modalidad común y otra en modalidad de diferencia. El voltaje de señal de modalidad común, Vc, es el promedio de las dos señales de entrada, V1 y V2 : $Vc = (V1+V2)/2$. La señal en la modalidad de diferencia, Vd, es la diferencia de las dos entradas $Vd = V1-V2$.

De modo ideal, un amplificador afecta sólo a las señales de la modalidad de diferencia. Sin embargo, la señal en modalidad común se amplifica también hasta cierto punto. La razón de rechazo de la modalidad común (CMRR), que se define como la razón de la ganancia de voltaje de la señal de diferencia a la ganancia de voltaje de la señal en modalidad común,

es una cifra de mérito para los amplificadores operacionales. Cuanto mayor sea el valor de CMRR, tanto mejor será el rendimiento de un amplificador operacional.

d) CIRCUITO INTEGRADOR

El circuito de la fig. 3.9 es un amplificador operacional capaz de realizar la operación matemática de la integración.

La expresión matemática que define la operación del circuito es:

$$Vo = - (1/R.C) \int Vi.dt$$

También se puede escribir como:

$$\Delta Vo = - (Vi.\Delta t)/(R.C)$$

Que indica que el cambio de voltaje de la salida con respecto a un cambio en el tiempo es equivalente al negativo del voltaje de entrada dividido por la constante de tiempo RC

del circuito.

La corriente de entrada Ii = Vi/R; por lo tanto:

$$\triangle Vo = - Ii.\triangle t/C$$

que indica que los cambios del voltaje de salida son proporcionales a la corriente de entrada.

Para el circuito de la figura 3.9 , el resistor R es el elemento de entrada y el capacitor C es el elemento de realimentación del integrador. El resistor Rs es el elemento que limita la ganancia a baja frecuencia, si no se limitara, el dc offset podría ser integrado sobre el período de integración, saturando eventualmente el operacional. El resistor Rp minimiza las corrientes de polarización de entrada del amplificador operacional con un valor igual al paralelo de los resistores R y Rs.

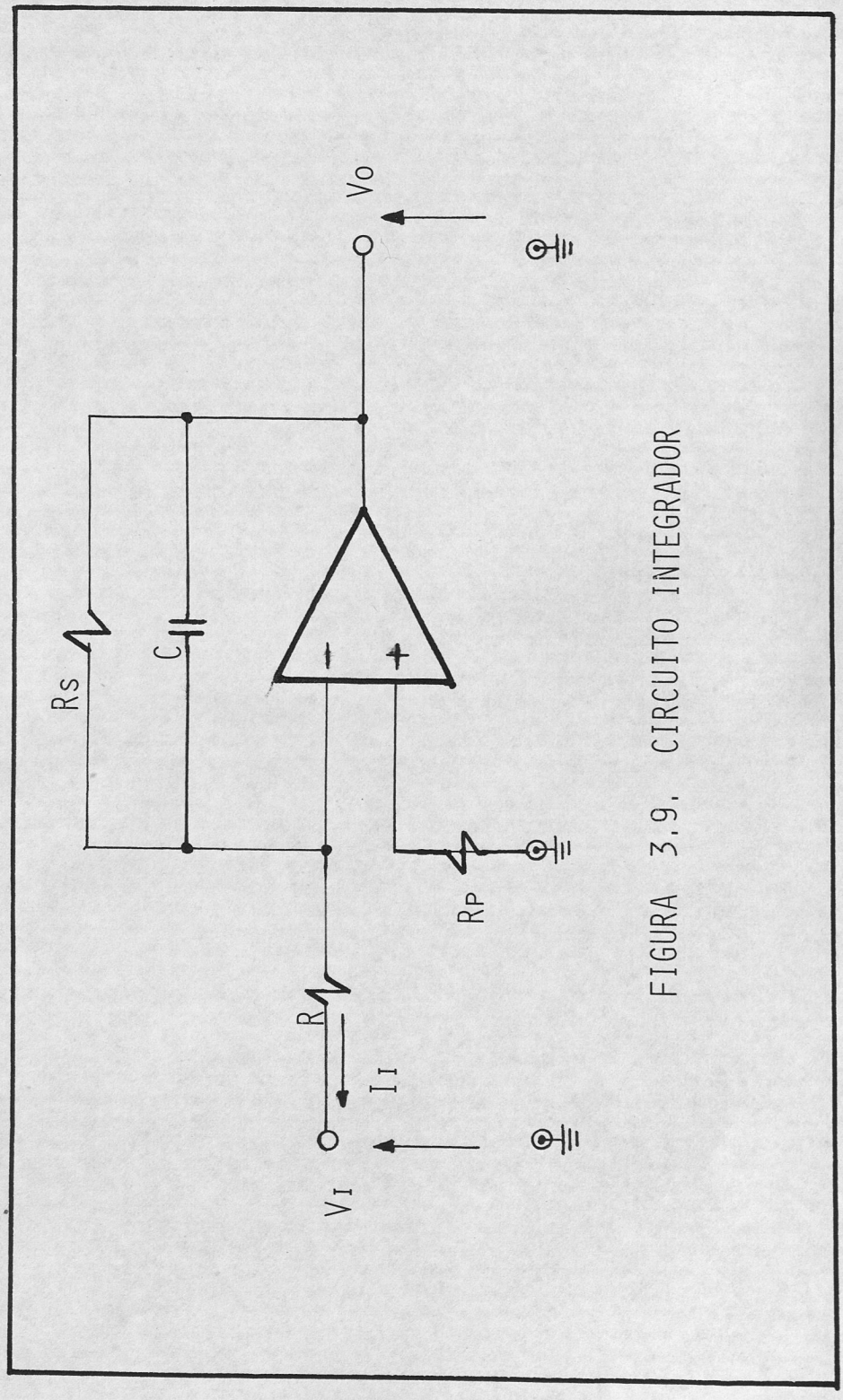


FIGURA 3.9. CIRCUITO INTEGRADOR

En su aplicación como elemento matemático, una señal eléctrica aplicada a la entrada da como resultado una salida que toma la forma de una función integrada.

e) CIRCUITO COMPARADOR

El amplificador operacional se puede utilizar como comparador de voltajes. Este dispositivo compara el voltaje en un terminal de entrada con respecto a un voltaje de refereencia en el otro terminal. El comparador acepta formas de ondas de diversos tipos y produce una salida rectangular bien definida.

En la figura 3.10 se muestra el circuito correspondiente al diseño de un comparador de ventana con niveles de voltaje de comparación VH y VL superior e inferior respectivamente.

El objetivo de este circuito es el detectar pulsos positivos cuando la señal de entrada supere el valor del nivel de voltaje superior, ó pulsos negativos cuando la señal de entrada

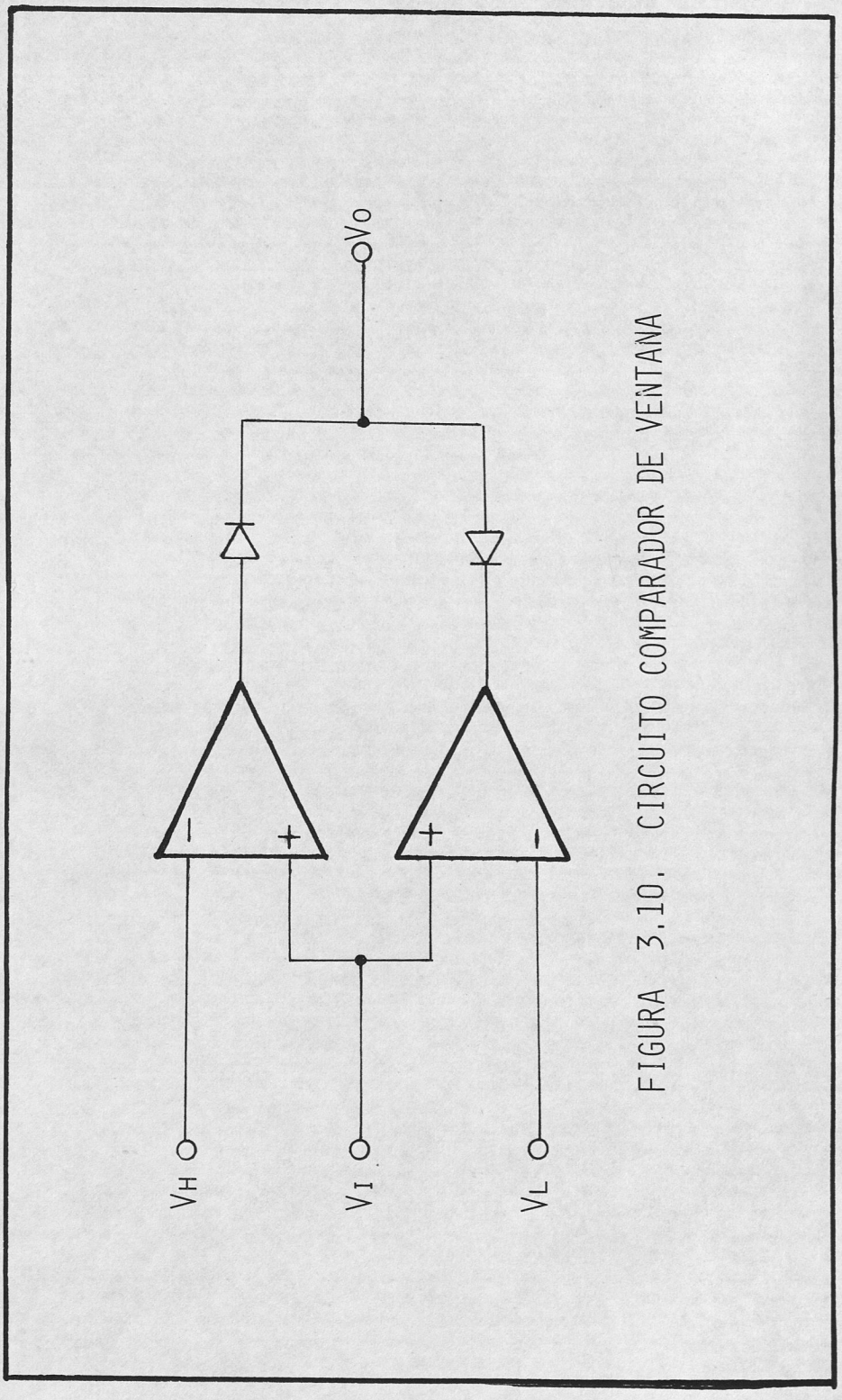


FIGURA 3.10. CIRCUITO COMPARADOR DE VENTANA

sea menor que el nivel de voltaje inferior de comparación.

La salida de los comparadores están lógicamente combinadas por dos diodos de suicheo que permiten el paso de pulsos positivos o negativos.

f) CIRCUITO SET / RESET

La señal de salida del circuito anterior será la entrada de este bloque y es procesada de manera que se obtenga una señal de comando llamada Set ó Reset:

- SET, cuando la entrada al bloque es un tren de pulsos positivos, estableciendo en la salida un nivel de voltaje alto.

- RESET, cuando la entrada al bloque es un tren de pulsos negativos, estableciendo en la salida un nivel de voltaje bajo.

El diseño del circuito que cumple con estas condiciones de operación, es el que se muestra

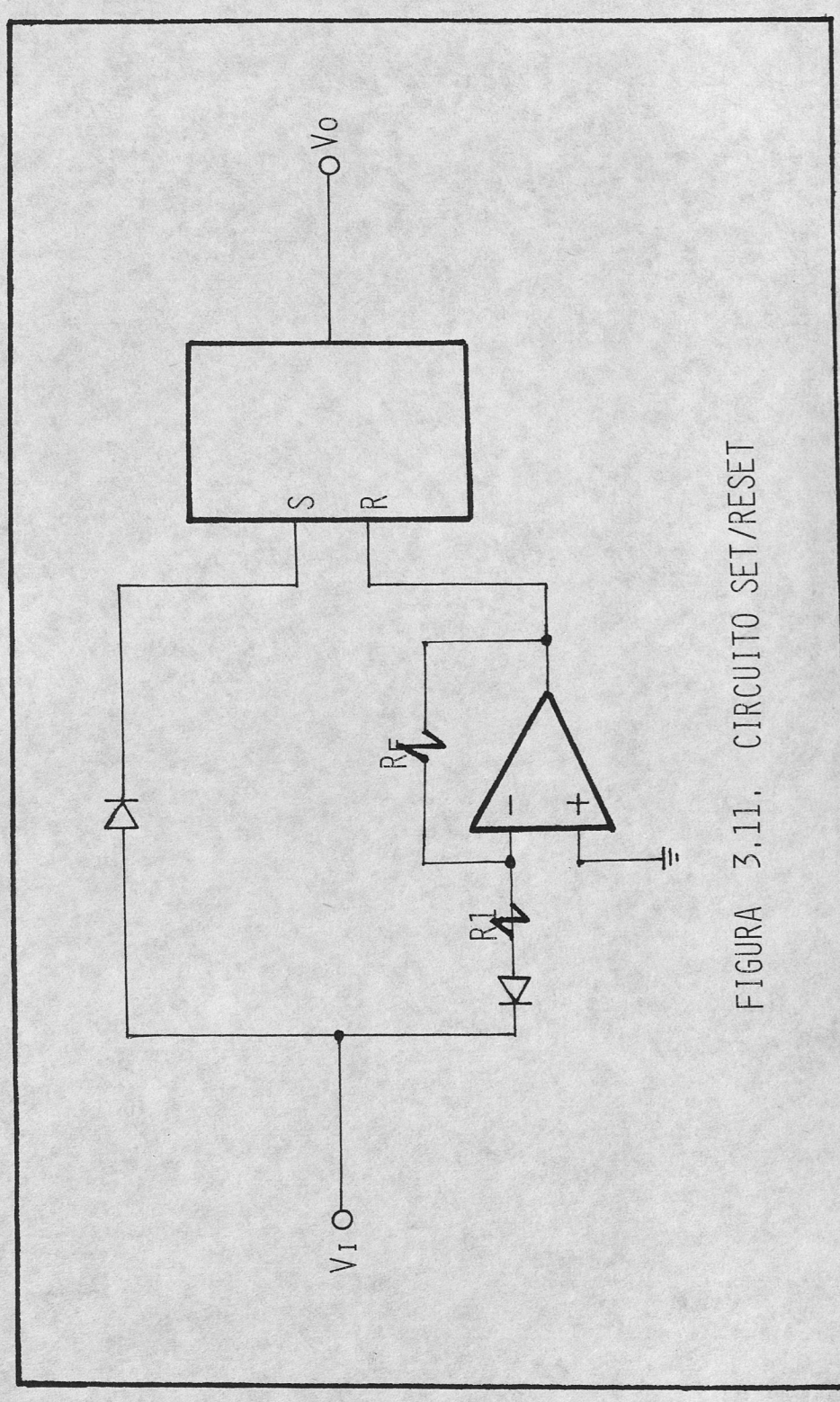


FIGURA 3.11. CIRCUITO SET/RESET

en la figura 3.11. Consta de dos diodos de conmutación, un amplificador operacional, y un Flip Flop tipo D con set/reset.

La señal de comando Set/Reset que se obtiene a la salida de este bloque es la señal de entrada que controla la rotación del motor de paso.

g) CIRCUITO AMPLIFICADOR DE PULSO

Este bloque corresponde al diseño de un circuito amplificador de pulso utilizando transistores como elementos de amplificación de voltaje y corriente.

La figura 3.12 muestra el diagrama circuital correspondiente al diseño del amplificador de pulso.

El resistor Ri es el elemento que permite limitar la corriente de entrada al circuito amplificador. Los resistores RB1 y RB2, son los elementos que aseguran la conducción correcta

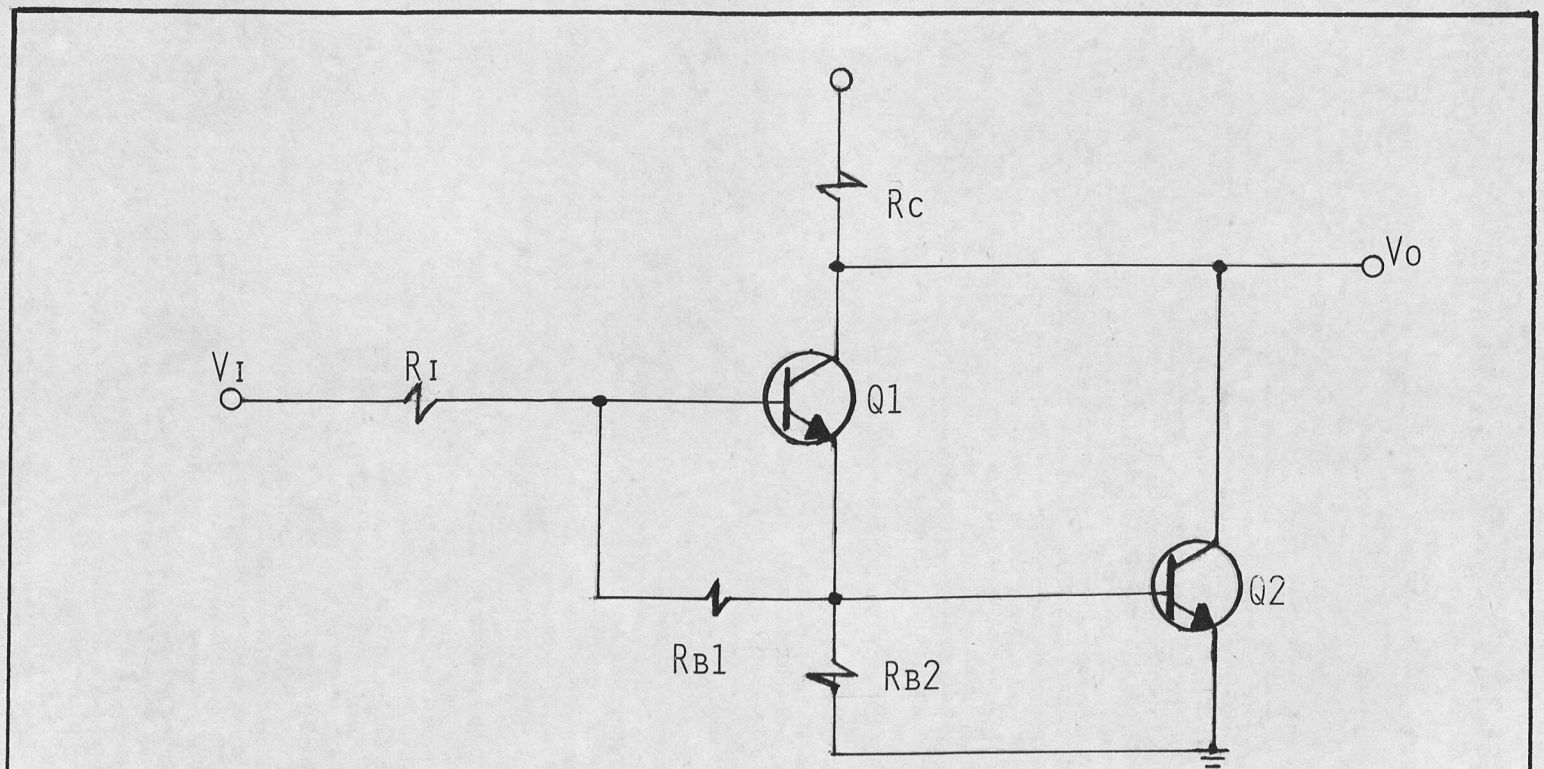


FIGURA 3.12. CIRCUITO AMPLIFICADOR DE PULSO

de los transistores Q1 y Q2 respectivamente de manera que el circuito entregue un tren de pulsos correctamente amplificado capaz de disparar al circuito gobernador del motor de paso.

3.3 PROPUESTA GENERAL DEL PROTOTIPO EXPERIMENTAL

Hasta ahora se ha realizado el análisis detallado de cada uno de los circuitos que corresponden al control del Sistema.

Mediante la figura 3.13 se hace la presentación del diagrama circuital completo del Prototipo desarrollado experimentalmente, en el se puede observar claramente que el Prototipo consta de cuatro etapas bien definidas:

a) GENERADORES DE PULSOS

Sin que el Prototipo haya perdido generalidad, éste se desarrolló utilizando únicamente la simulación de dos señales: la de color guía llamada en el circuito Vg y la de marca de

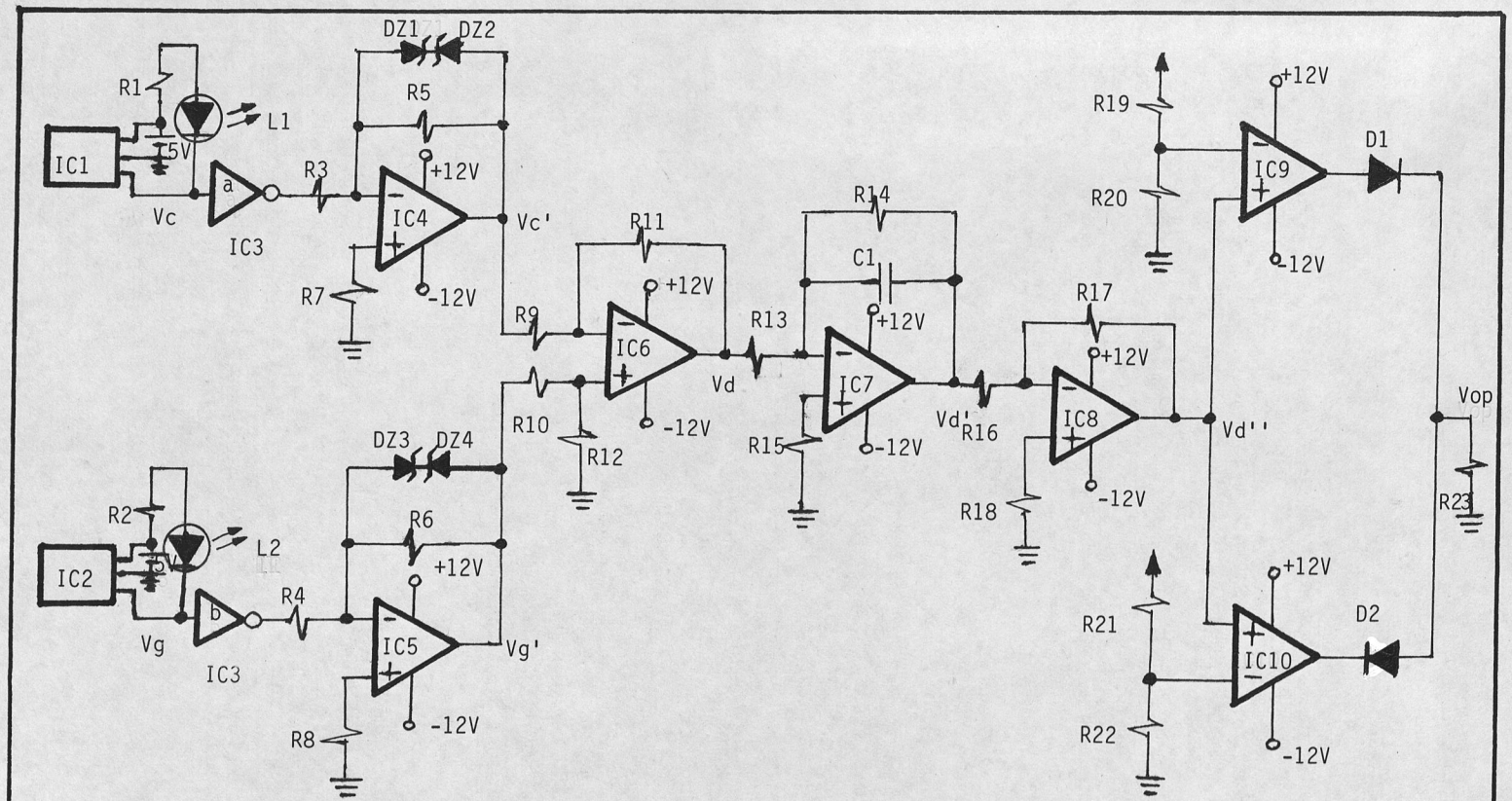


FIGURA 3.13 DIAGRAMA CIRCUITAL DEL PROTOTIPO HOJA 1/2

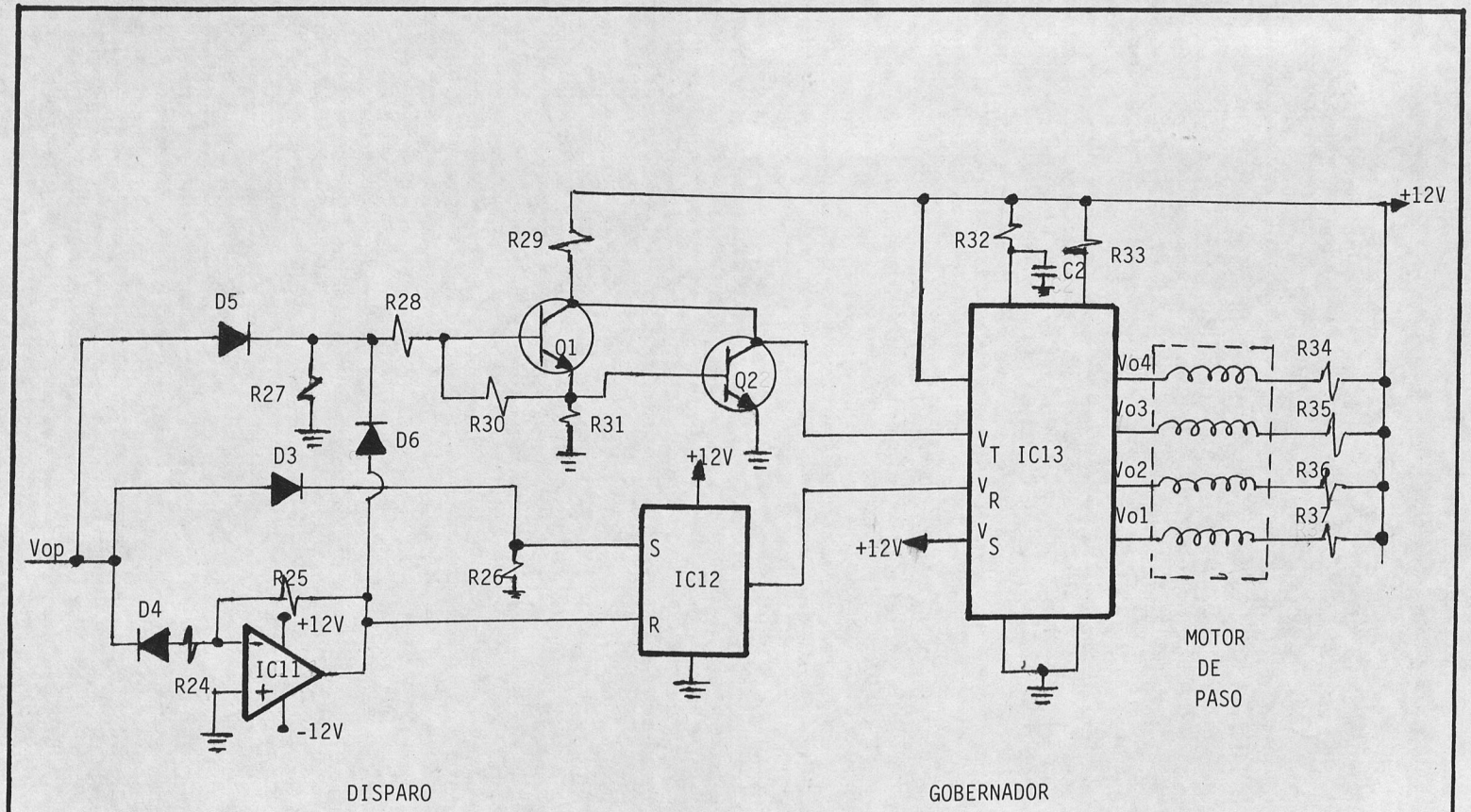


FIGURA 3.13 DIAGRAMA CIRCUITAL DEL PROTOTIPO HOJA 2/2.

un color adicional llamada Vc.

b) CIRCUITO OPERACIONAL

Esta etapa es la encargada de comparar y operar analógicamente los dos trenes de pulso y obtener una señal de salida llamada Vop de pulsos positivos o pulsos negativos, dependiendo si Vc adelenta o atrasa a Vg respectivamente.

La figura 3.14 muestra las formas de onda linealizadas con este proceso.

c) CIRCUITO DE DISPARO Y GOBERNADOR

Esta etapa gobierna la iniciación, disparo y rotación del motor de paso experimental que utiliza el Prototipo.

La figura 3.15 aclara la manera en que la señal Vop sea positiva o negativa controla las señales VT, VR y VS que sirven para disparar, rotar e inicializar, respectivamente al motor de paso.

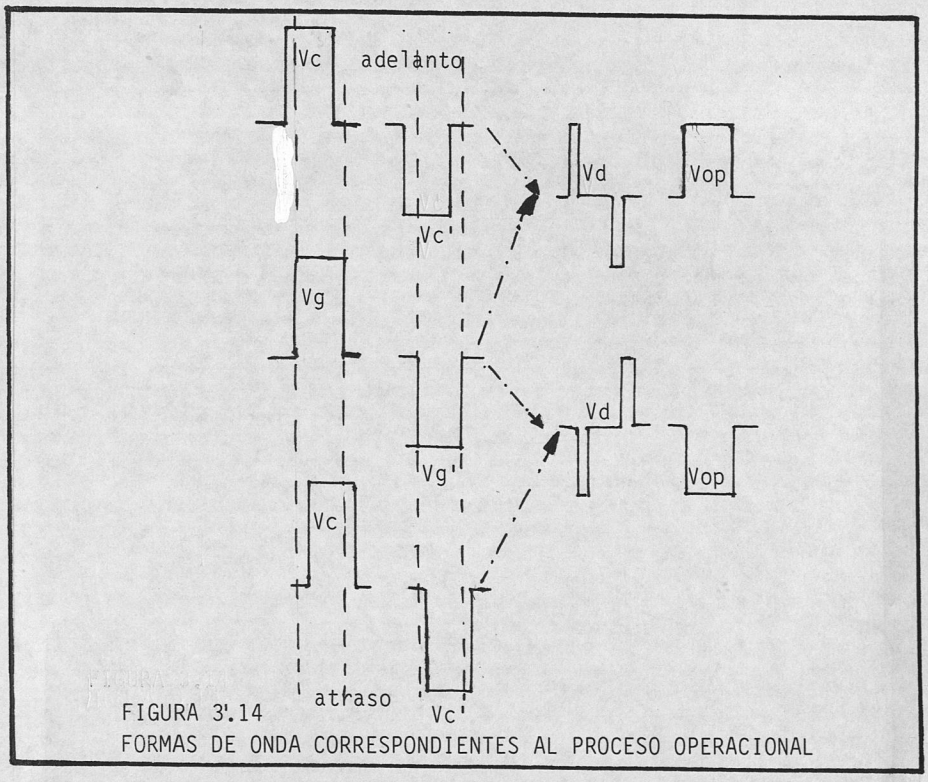


FIGURA 3.14
FORMAS DE ONDA CORRESPONDIENTES AL PROCESO OPERACIONAL

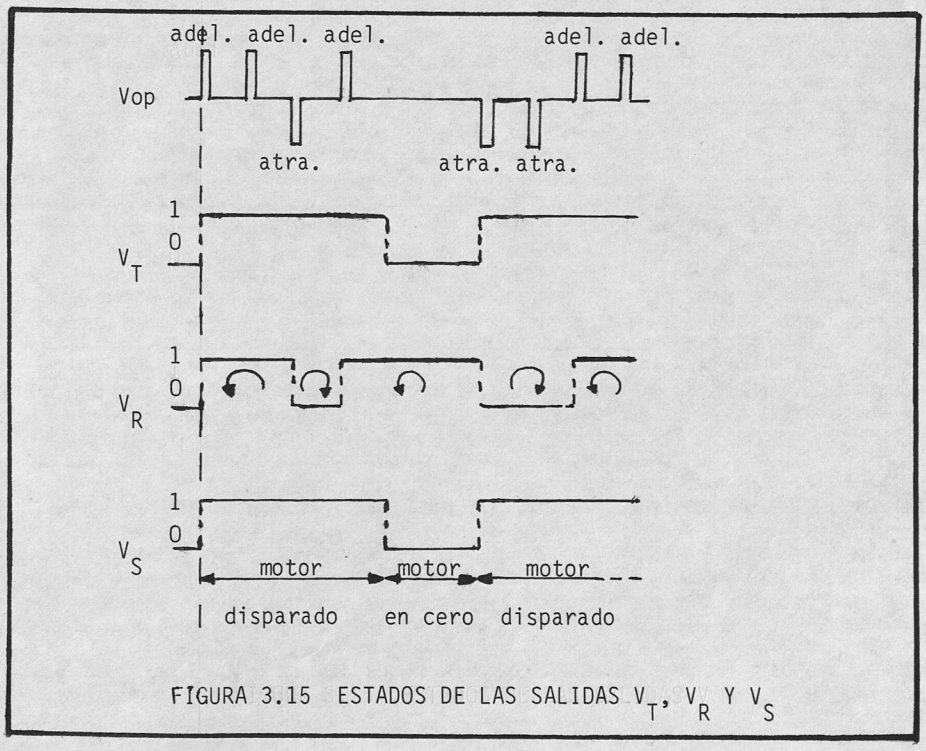


FIGURA 3.15 ESTADOS DE LAS SALIDAS V_T, V_R Y V_S

d) MOTOR DE PASO

El motor de paso es el que en la situación real de la industria, desplaza al rodillo de Registro de Color.

Mediante las figuras 3.16 y 3.17 se muestra las fotografías del circuito Operacional y del Prototipo completo respectivamente.

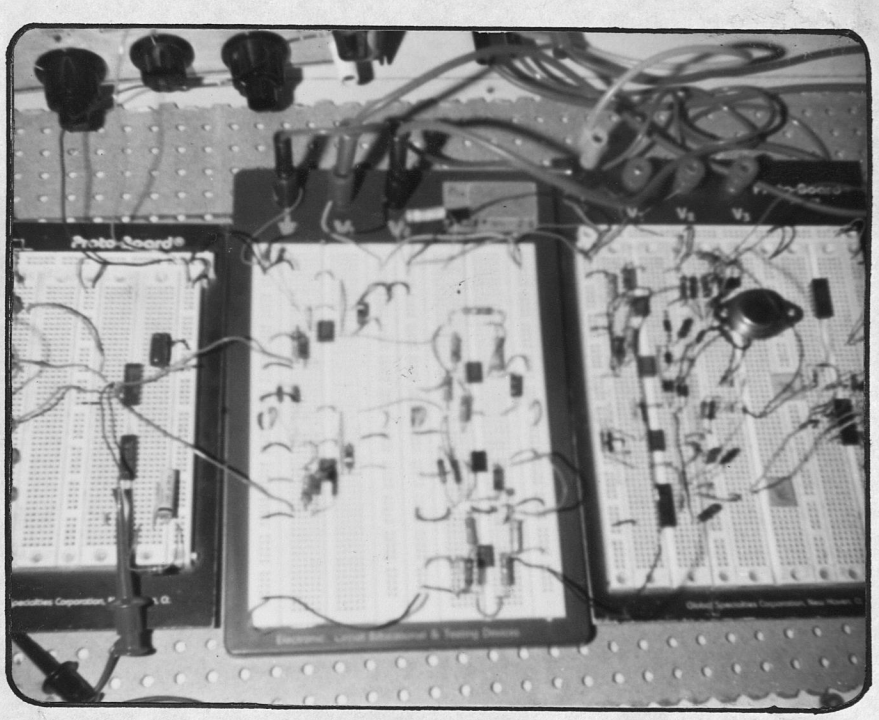


FIGURA 3.16.

"CIRCUITO OPERACIONAL".

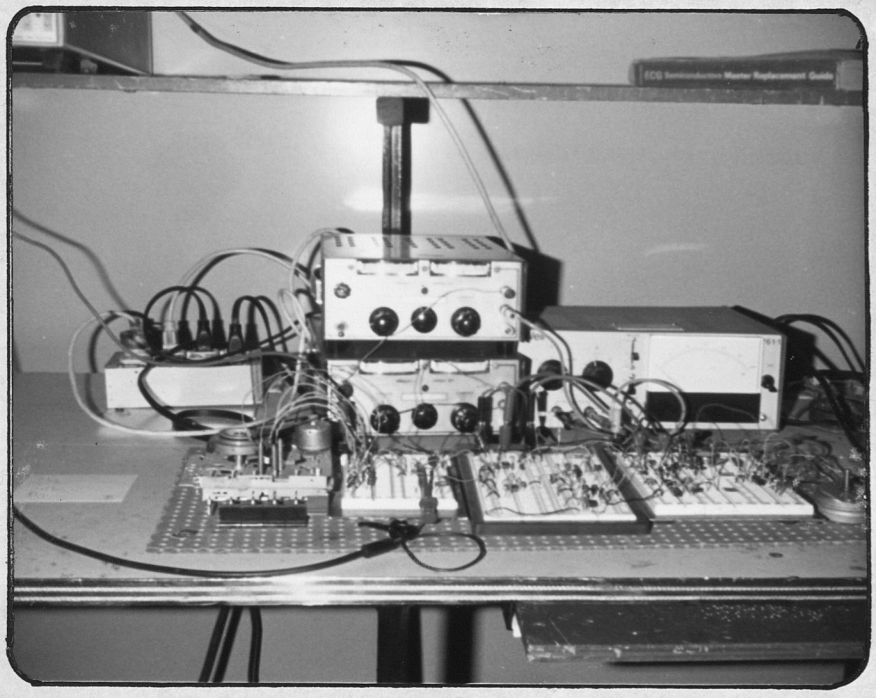


FIGURA 3.17.

"FOTO DEL PROTOTIPO COMPLETO".

LISTA DE COMPONENTES (ver fig. 3.13)

RESISTENCIAS

R1, R2.	470	ohm	1/4 W.
R3,R4,R9,R10,R11,R12,R16, R17,R20,R22,R23,R26,R27.	1	K	1/2 W.
R5,R6.	3.9	K	1/2 W.
R7,R8,R18,R30.	820	ohm	1/2 W.
R13.	18	K	1/2 W.
R14.	75	K	1/2 W.
R15.	15	K	1/2 W.
R19,R21.	10	K	1/2 W.
R24,R25.	10	K	1/4 W.
R28.	1.8	K	1/2 W.
R29.	1.5	K	1/2 W.
R31.	220	ohm	1/2 W.
R32,R33,R34,R35,R36,R37.	100	ohm	1/4 W.

CAPACITORES

C1.	1	MFD	25V	Tant.
C2.	0.1	MFD	25V	Mica.

DIODOS

D1,D2,D3,D4,D5,D6.	ECG519.

DZ1,DZ2,DZ3,DZ4. ECG5015A.

TRANSISTORES

Q1 2N2222A.

Q2 2N3055.

INTEGRADOS

IC1,IC2. Interruptor de efecto Hall.

IC3. 74LS14 Inversor Smitch-Trigger.

IC4,IC5,IC6,IC7,IC8, 741 Op-amp.

IC9,IC10,IC11.

IC12. CD4013 Flip-Flop Set/Reset.

IC13. SAA1027 Controlador.

CAPITULO IV

PRUEBAS EXPERIMENTALES

Este Capítulo trata de mostrar por medio de fotografías las señales obtenidas en las diferentes etapas del Prototipo.

En cada foto se proporciona las escalas de magnitud y tiempo de las señales que aparecen, mencionando el punto dentro del circuito en donde fueron obtenidas, tratando de relacionarlas en la misma foto para su mejor comprensión tal como se van generando.

4.1 PRUEBAS DE SEÑALES DE ENTRADA

En el Capítulo dos se anotó que las señales de entrada son trenes de pulsos generados mediante interruptores magnéticos.

Con el propósito de realizar las pruebas necesarias, se tomó un par de tren de pulsos : el uno corresponde

a la señal de color guía y el otro a la señal de registro de marca de un color adicional. Considerando dos casos.

A) Cuando la señal de registro de marca Vc adelanta la señal guía Vg.

B) Cuando la señal de registro de marca Vc atrasa la señal guía Vg.

En las figuras 4.1 y 4.2 se observa desde arriba hacia abajo las señales Vc y Vg que corresponden a los trenes de pulso generados a la salida de los interruptores magnéticos con efecto Hall para ambos casos.

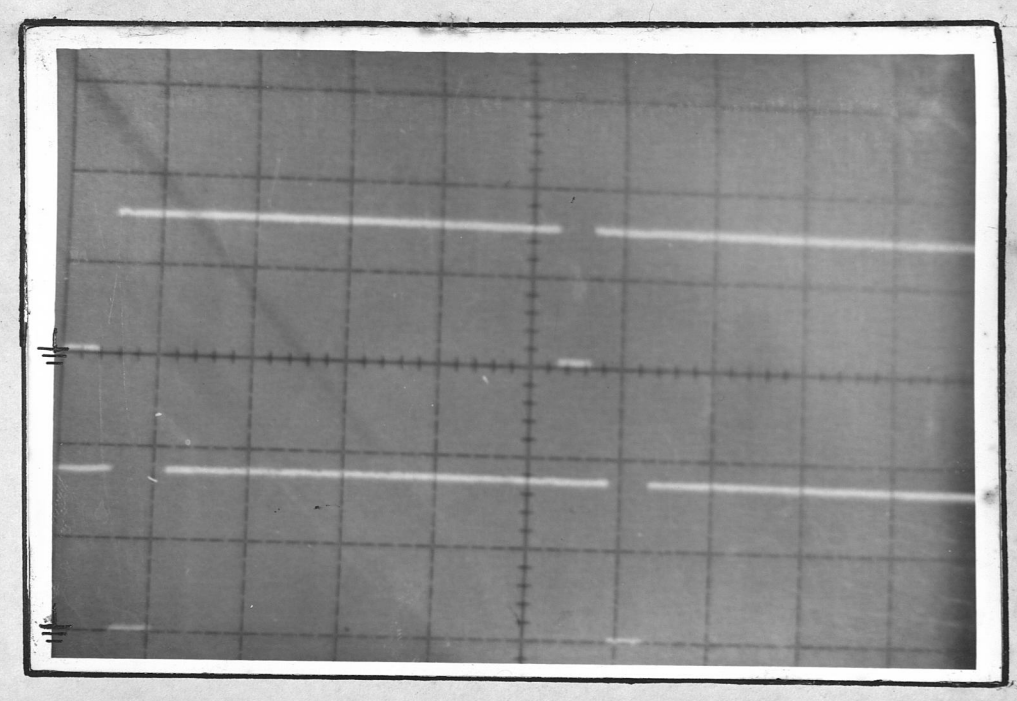


FIGURA 4.1.

"SEÑALES DE SALIDA DE LOS INTERRUPTORES MAGNETICOS CON EFECTO HALL" CASO A.

ESCALAS : PARA AMBAS SAÑALES

MAGNITUD = 2 V/DIV.

TIEMPO = 10 MS/DIV.

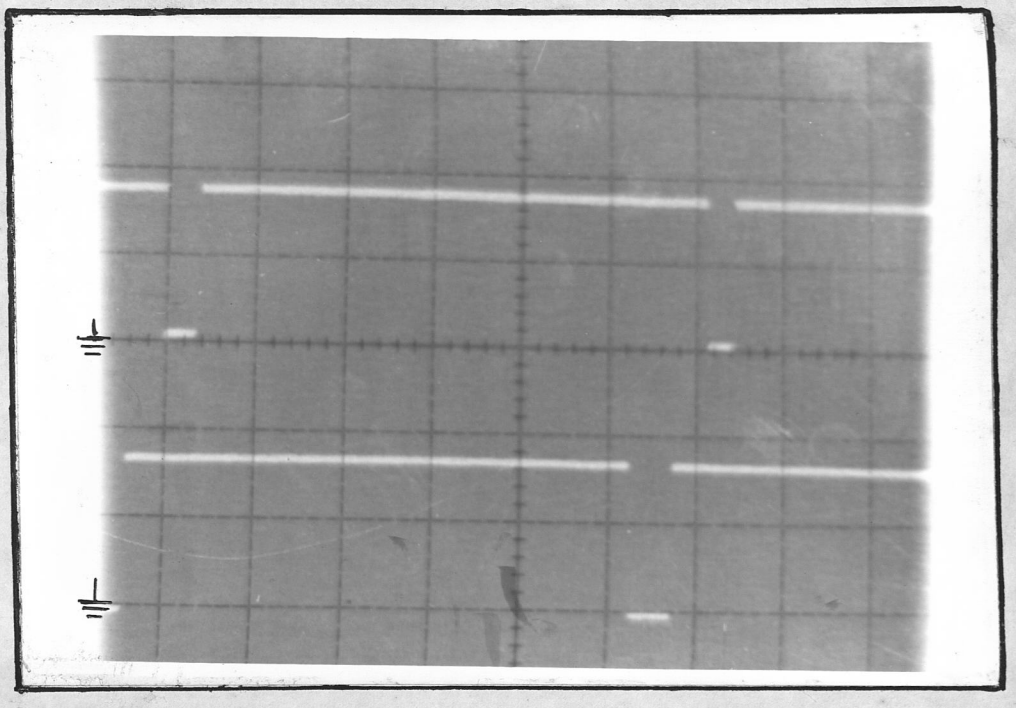


FIGURA 4.2.

"SEÑALES DE SALIDA DE LOS INTERRUPTORES MAGNETICOS CON EFECTO HALL" CASO B.

ESCALAS : PARA AMBAS SEÑALES

MAGNITUD = 2 V/DIV.

TIEMPO = 10 MS/DIV.

4.2 PRUEBAS DE SEÑALES DEL CONTROL DEL MOTOR

Las fotografías que se muestran a continuaciń permiten visualizar el comportamiento del Prototipo Experimental, a travéz de las señales de salida de las diferentes etapas del circuito de control, así como las formas de onda de salida del circuito gobernador del motor de paso.

Estas pruebas se tomaron considerando los dos casos mencionados en el literal 4.1 de este Capítulo.

A partir de la figura 4.3 hasta la figura 4.9 se muestra el caso A.

A partir de la figura 4.10 hasta la figura 4.16 se muestra el caso B.

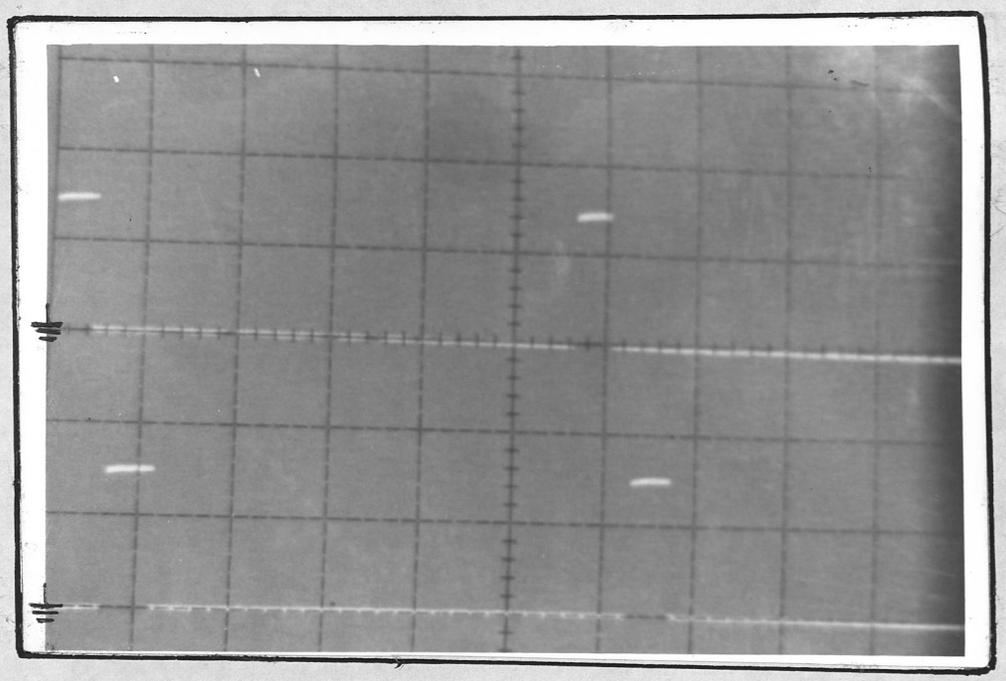


FIGURA 4.3.

"SEÑALES DE SALIDA DEL CIRCUITO MODIFICADOR"

ESCALAS : PARA AMBAS SEÑALES

MAGNITUD = 2 V/DIV.

TIEMPO = 10 MS/DIV.

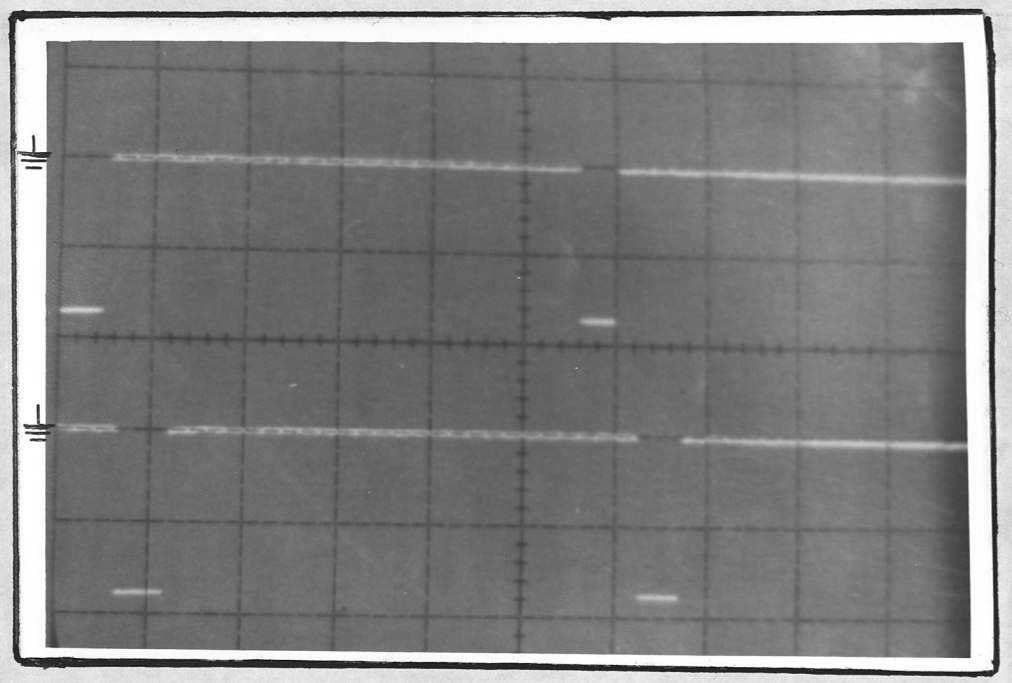


FIGURA 4.4.

"SEÑALES GENERADAS EN CADA CIRCUITO AMPLIFICADOR INVERSOR".

ESCALAS : PARA AMBAS SEÑALES

MAGNITUD = 5 V/DIV.

TIEMPO = 10 MS/DIV.

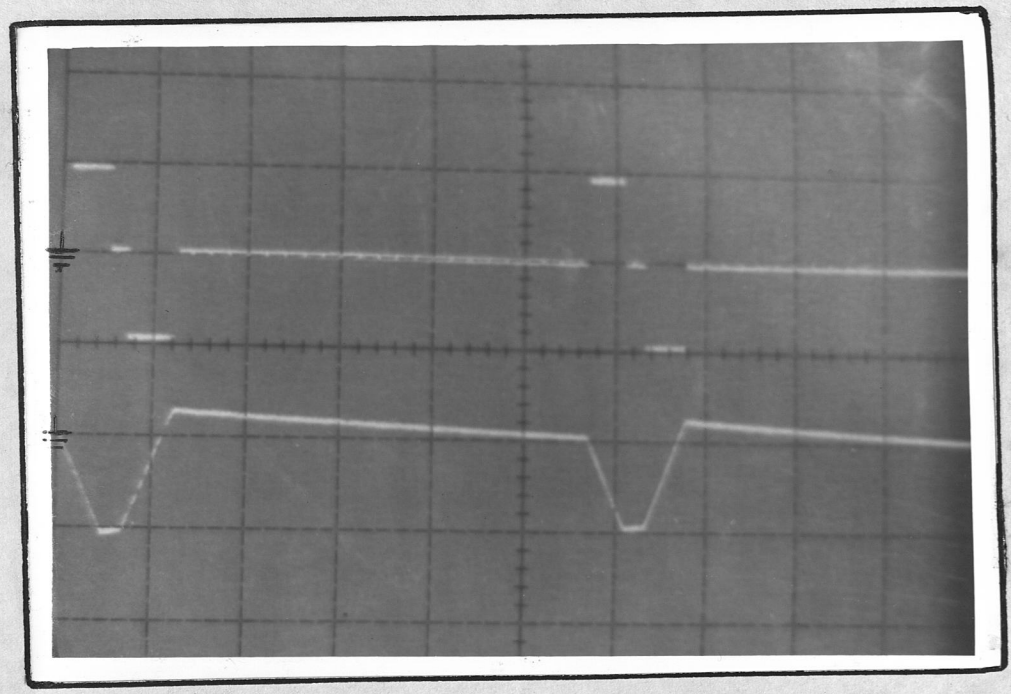


FIGURA 4.5.

"SEÑALES GENERADAS POR EL CIRCUITO AMPLIFICADOR DE DIFERENCIA Y EL CIRCUITO INTEGRADOR".

ESCALAS : PARA LA PRIMERA SEÑAL

MAGNITUD = 10 V/DIV.

PARA LA SEGUNDA SEÑAL

MAGNITUD = 2 V/DIV.

TIEMPO = 10 MS/DIV.

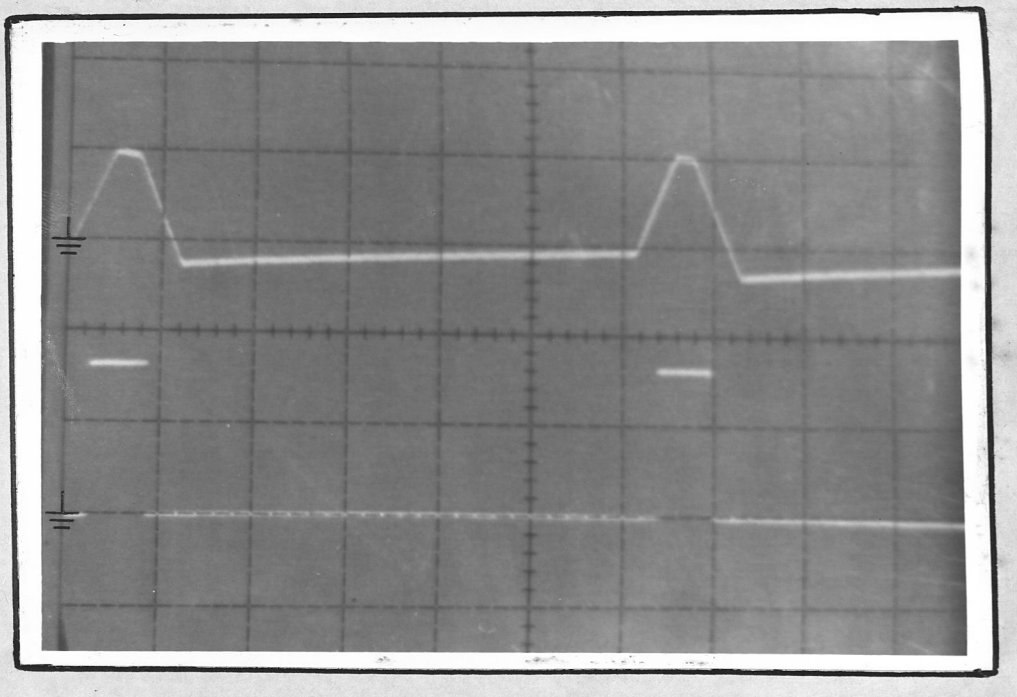


FIGURA 4.6.

"SEÑALES GENERADAS POR EL CIRCUITO INVERSOR DE VOLTAJE Y EL CIRCUITO COMPARADOR DE VENTANA".

ESCALAS : PARA LA PRIMERA SEÑAL

MAGNITUD = 2 V/DIV.

PARA LA SEGUNDA SEÑAL

MAGNITUD = 5V/DIV.

TIEMPO = 10 MS/DIV.

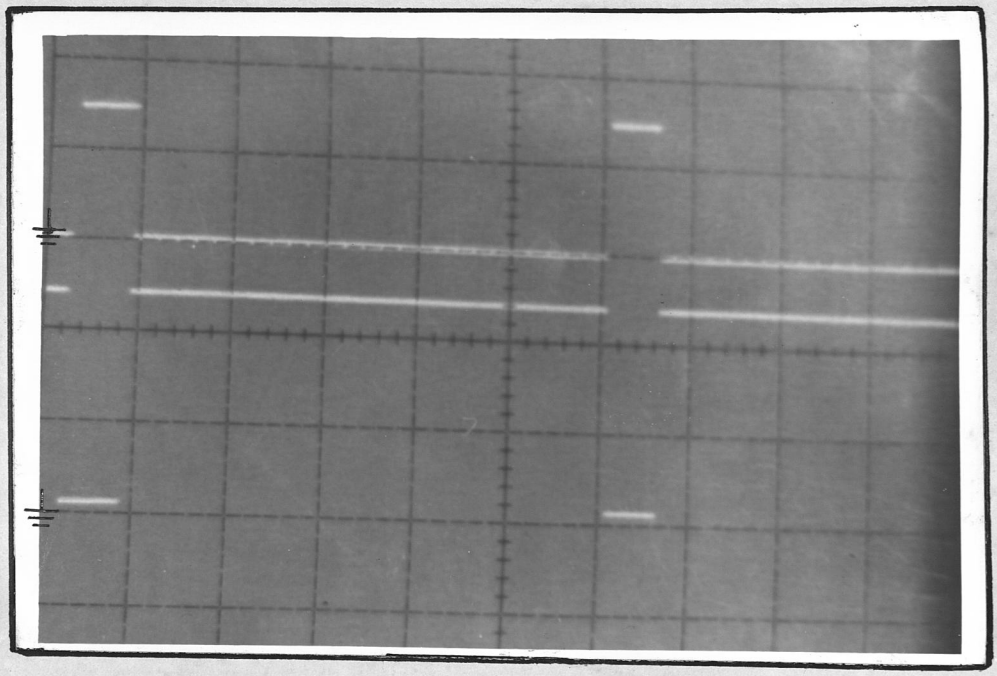


FIGURA 4.7.

"SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA DEL CIRCUITO AMPLIFICADOR DE PULSO"

ESCALAS : PARA AMBAS SEÑALES

MAGNITUD = 5 V/DIV.

TIEMPO = 10 MS/DIV.

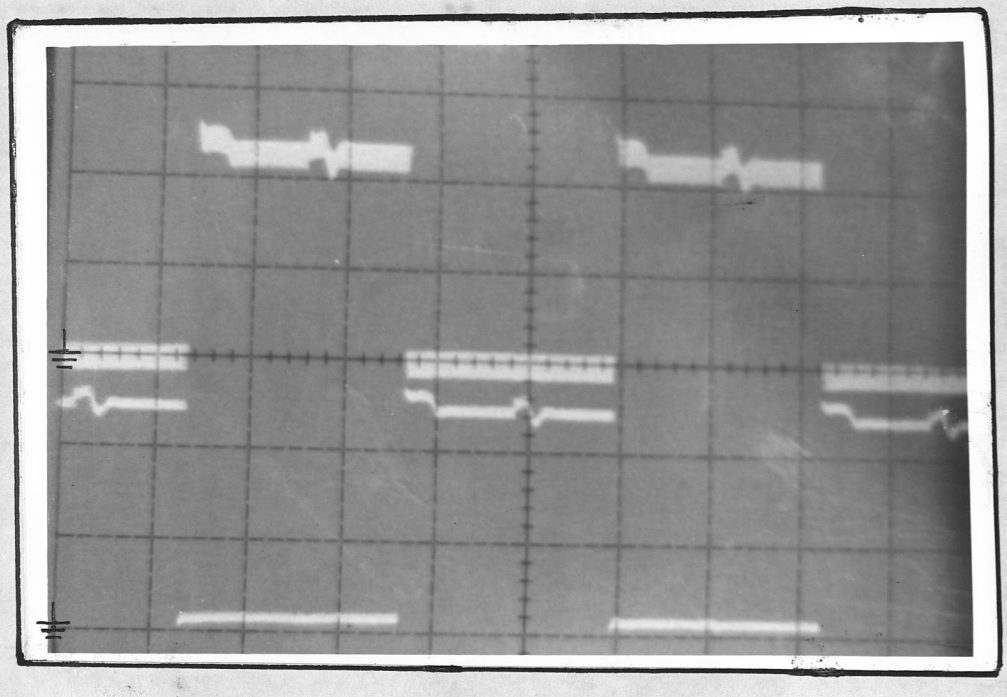


FIGURA 4.8.

"SEÑALES Vo1 y Vo2 GENERADAS POR EL CIRCUITO GOBERNADOR DEL MOTOR DE PASO".

ESCALAS : PARA AMBAS SEÑALES

MAGNITUD = 5 V/DIV.

TIEMPO = 50 MS/DIV.

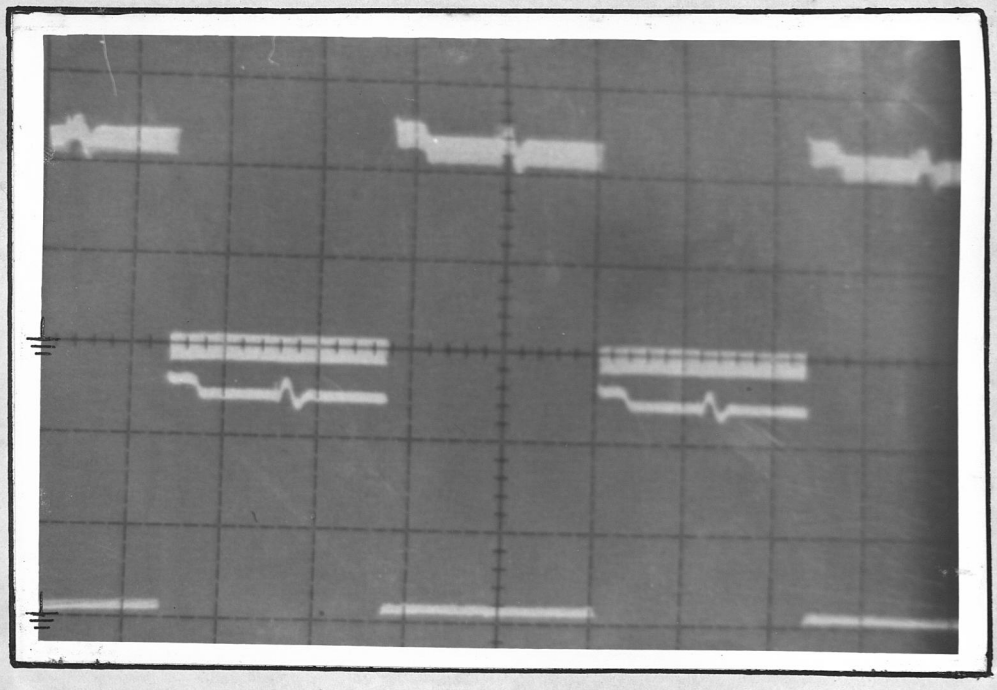


FIGURA 4.9.

"SEÑALES Vo3 y Vo4 GENERADAS POR EL CIRCUITO GOBERNADOR DEL MOTOR DE PASO".

ESCALAS : PARA AMBAS SEÑALES

MAGNITUD = 5 V/DIV.

TIEMPO = 50 MS/DIV.

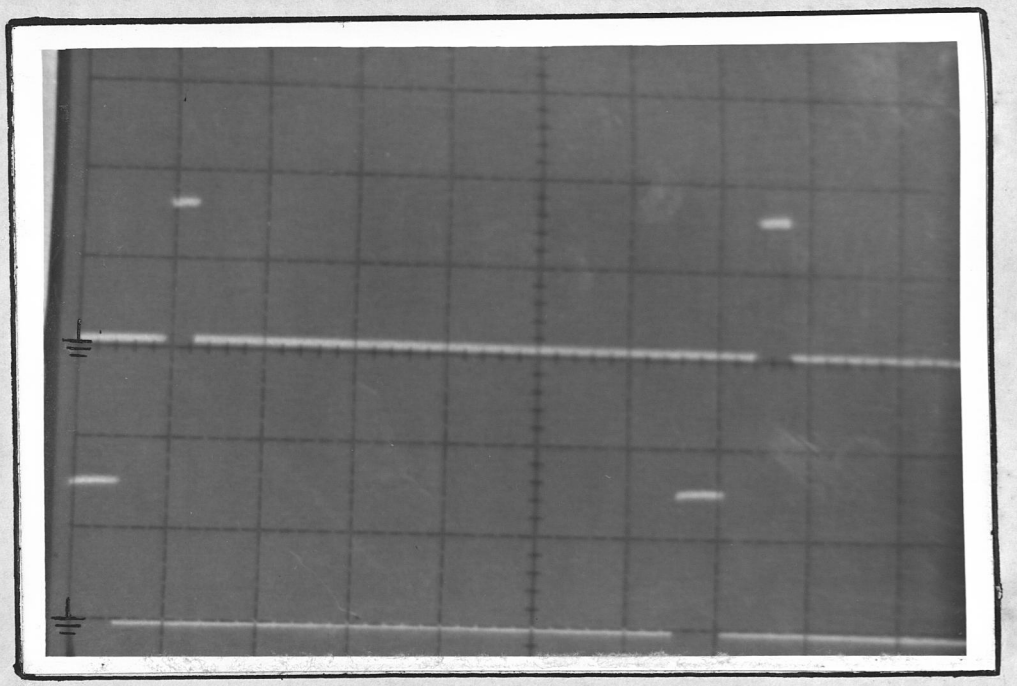


FIGURA 4.10.

"SEÑALES DE SALIDA DEL CIRCUITO MODIFICADOR".

ESCALAS : PARA AMBAS SEÑALES

MAGNITUD = 2 V/DIV.

TIEMPO = 10 MS/DIV.

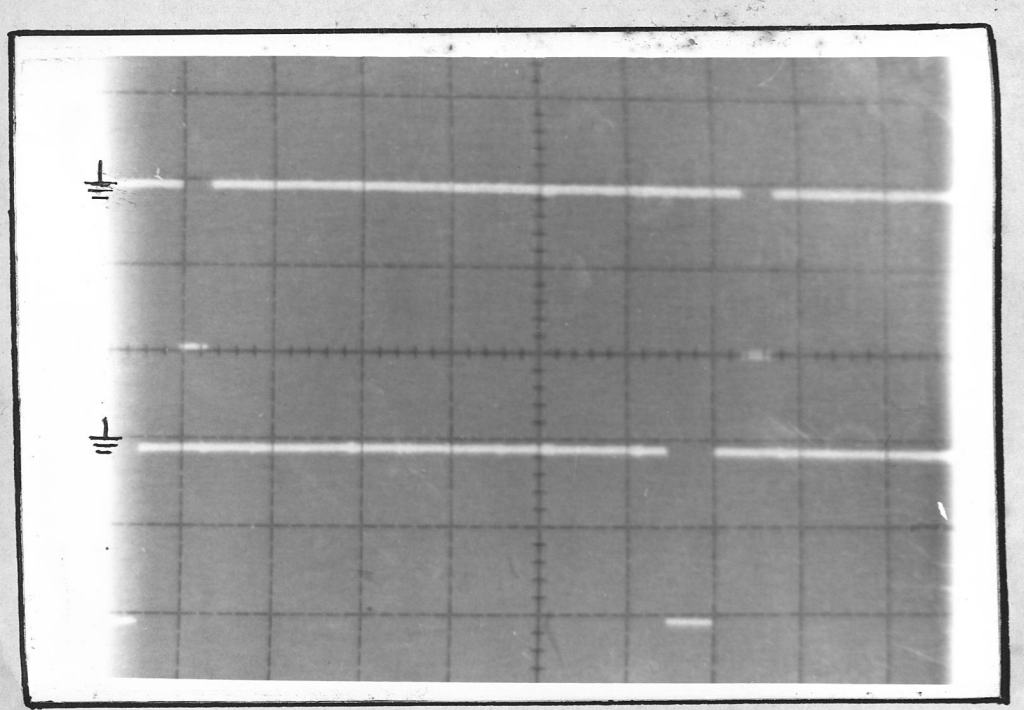


FIGURA 4.11.

"SEÑALES GENERADAS EN CADA CIRCUITO AMPLIFICADOR INVERSOR".

ESCALAS : PARA AMBAS SEÑALES

MAGNITUD = 5 V/DIV.

TIEMPO = 10 MS/DIV.

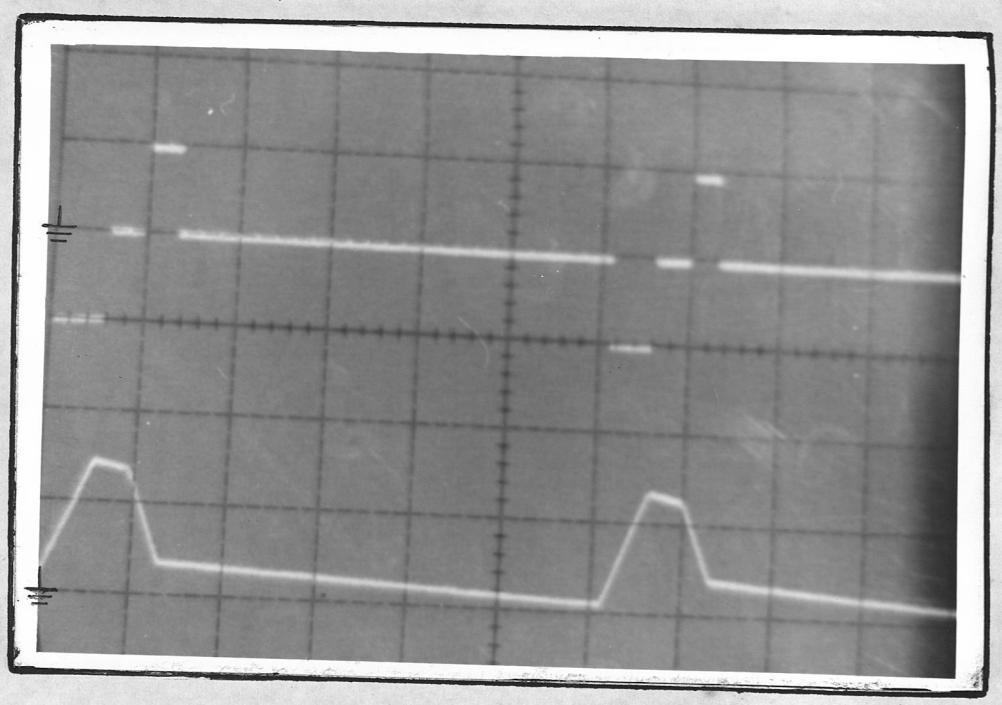


FIGURA 4.12.

"SEÑALES GENERADAS POR EL CIRCUITO AMPLIFICADOR DE DIFERENCIA Y EL CIRCUITO INTEGRADOR".

ESCALAS : PARA LA PRIMERA SEÑAL

MAGNITUD = 10 V/DIV.

PARA LA SEGUNDA SEÑAL

MAGNITUD = 2 V/DIV.

TIEMPO = 10 MS/DIV.

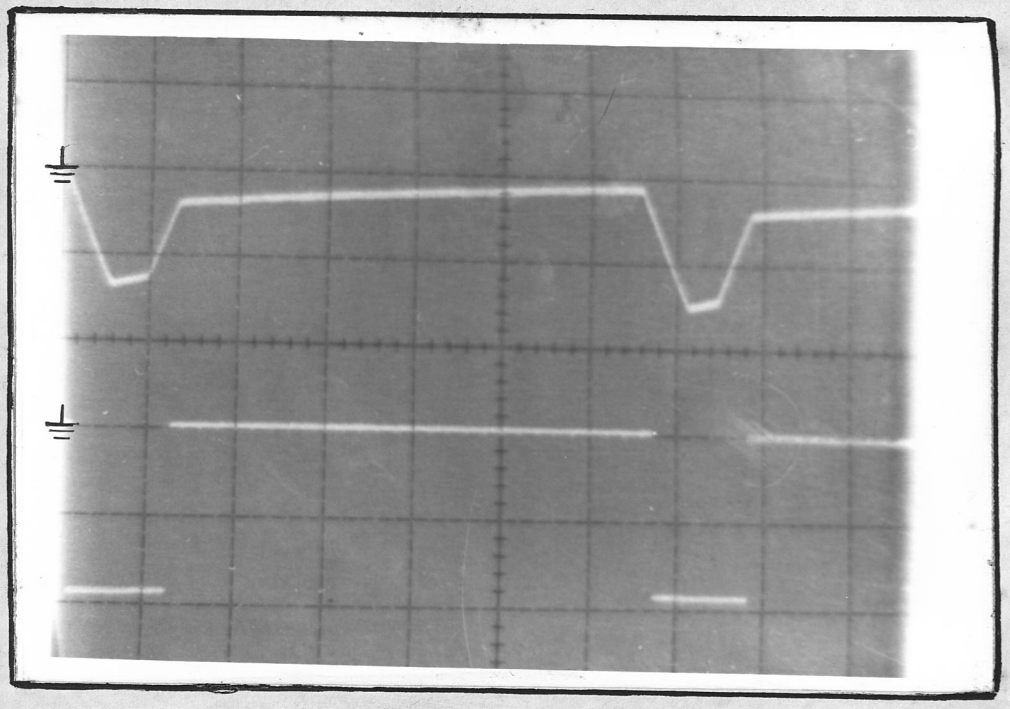


FIGURA 4.13.

"SEÑALES GENERADAS POR EL CIRCUITO INVERSOR DE VOLTAJE Y EL CIRCUITO COMPARADOR DE VENTANA".

ESCALAS : PARA LA PRIMERA SEÑAL

MAGNITUD = 2 V/DIV.

PARA LA SEGUNDA SEÑAL

MAGNITUD = 5 V/DIV.

TIEMPO = 10 MS/DIV.

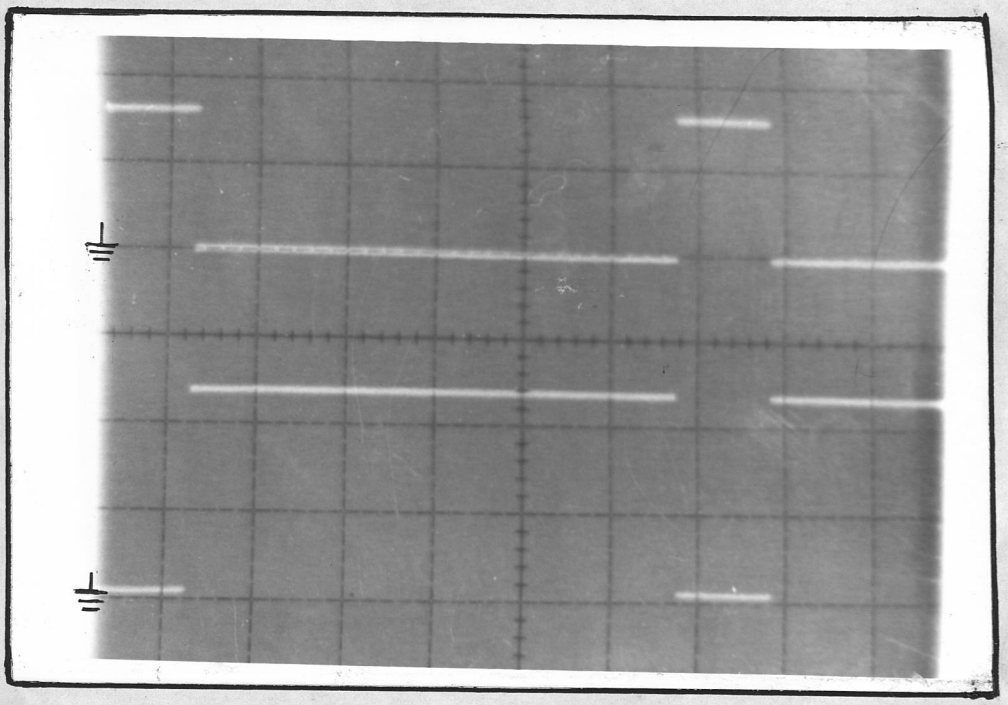


FIGURA 4.14.

"SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA DEL CIRCUITO AMPLIFICADOR DE PULSO"

ESCALAS : PARA AMBAS SEÑALES

MAGNITUD = 5 V/DIV.

TIEMPO = 10 MS/DIV.

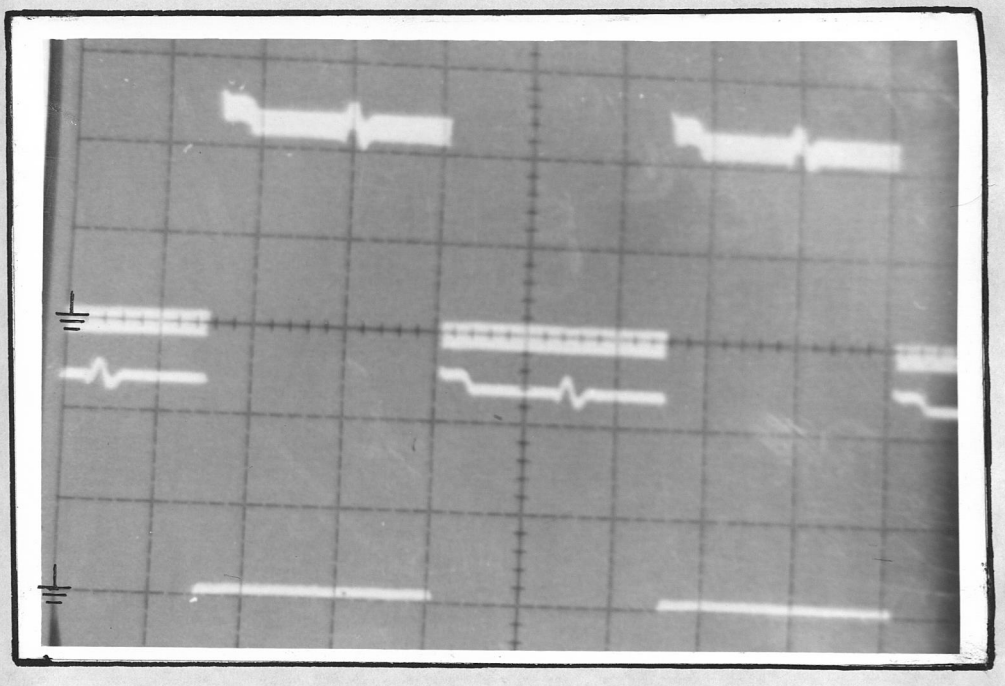


FIGURA 4.15.

"SEÑALES Vo1 y Vo2 GENERADAS POR EL CIRCUITO GOBERNADOR DEL MOTOR DE PASO".

ESCALAS : Para ambas señales

MAGNITUD = 5 V/DIV.

TIEMPO = 50 MS/DIV.

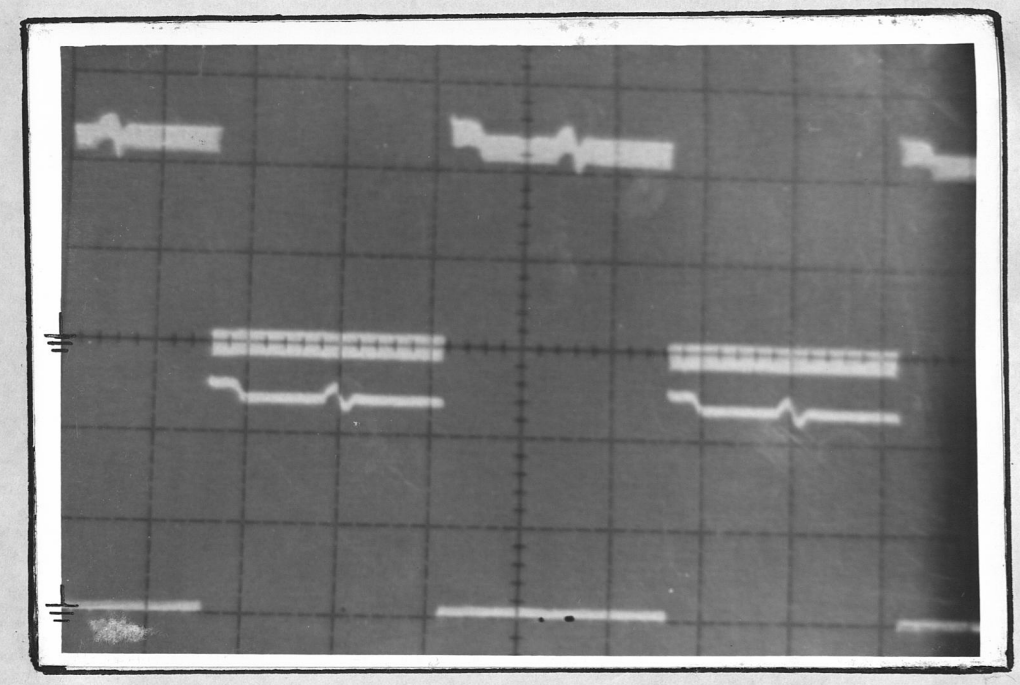


FIGURA 4.16.

"SEÑALES Vo3 y Vo4 GENERADAS POR EL CIRCUITO GOBERNADOR DEL MOTOR DE PASO".

ESCALAS : Para ambas señales

MAGNITUD = 5 V/DIV.

TIEMPO = 50 MS/DIV.

4.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Luego de tomar todas las pruebas necesarias de señales de entrada y señales del control del motor, para los dos casos, procedemos a analizar los resultados obtenidos.

El método utilizado para obtener los trenes de pulsos que simulan las señales de entrada al sistema, resultó eficiente, ya que se logró obtener trenes de pulsos de igual magnitud y frecuencia, controlando el desfazamiento entre los trenes de pulsos con un pequeño ángulo y con un buen sincronismo.

Este pequeño ángulo de desfasamiento entre los trenes de pulsos ya sea en atraso o en adelanto, corresponde a la separación entre las marcas de registro que se colocan entre los bornes guías, en el Sistema real de Impresión de colores.

Para lograr una muy buena detección de los trenes de pulsos se utilizó circuitos inversores TTL con disparador Schmitt para corregirlos de manera que no alteren la operación del circuito Operacional.

El circuito Operacional trató adecuadamente los trenes de pulso de tal manera que las diferentes etapas del control entregó las señales de control necesarias para operar al circuito Gobernador del motor de paso.

Es preciso indicar que dado que el motor de paso opera a 12 Voltios DC, las señales de control VT y VR deben tener un estado de 12 Voltios, para manejar correctamente el motor de paso.

Así dado que del circuito Operacional se obtuvo una señal llamada Vop de 10 Voltios, que controla la generación de las señales VT y VR, se precisó amplificar ambas señales de control a los 12 Voltios.

Por lo que se utilizó el circuito Amplificador de pulsos para amplificar VT que corresponde a la señal que controla el disparo del motor , y el circuito Set / Reset, para fijar los niveles de 12 y cero Voltios, para controlar el sentido de giro del motor de paso en contra y a favor de las manecillas del reloj ,respectivamente.

Con respecto a la conección del motor de paso, se hizo necesario colocar resistencias en serie con los terminales de las bobinas del motor comunes a la fuente de polarización, para evitar que las bobinas del motor de paso tomen más de la corriente necesaria y puedan provocar un pequeño torque, alterando de esta manera la operación correcta del motor de paso.

En el diseño del Modelo Experimental, se precisó el uso de las siguiente fuentes de polarización :

- Fuente regulada entre 4 y 5 Voltios DC, para controlar la generación de los trenes de pulsos y su respectivo desfasamiento.

- Fuente de 5 Voltios DC, para la circuitería TTL y polarización de los interrptores magnéticos con efecto Hall.

- Fuente de +12 Voltios y -12 Voltios, para la circuitería de la diferentes etapas del control y polarización del motor de paso.

En las figuras expuestas en los literales 4.1 y 4.2 se ve con detalle todo lo explicado en este trabajo.

En las siguientes figuras se muestran las fotografías del Modelo Experimental en proceso de prueba y una vista superior del mismo circuito.

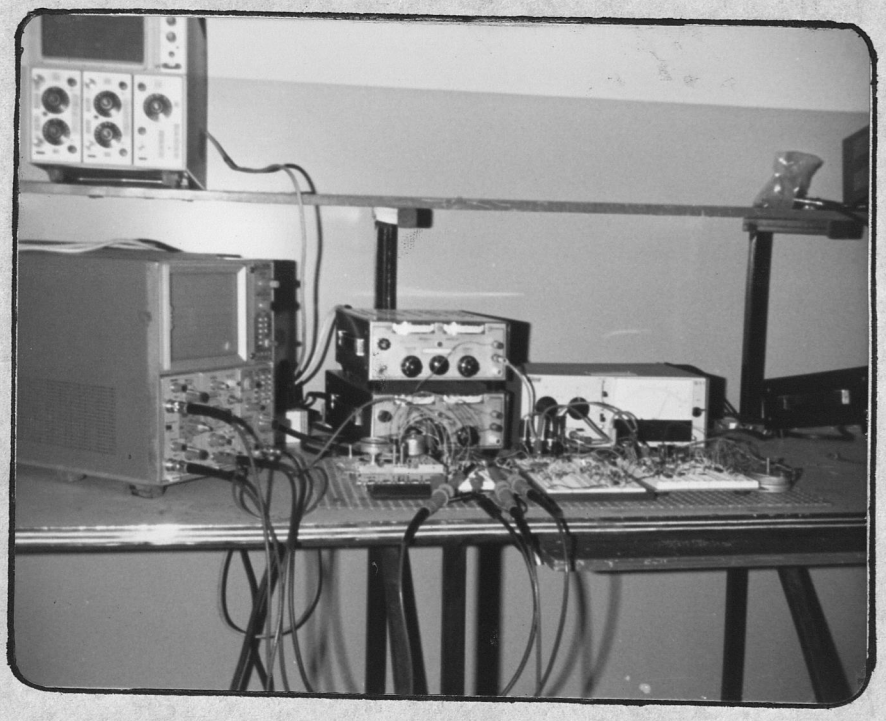


FIGURA 4.17
FOTO DEL MODELO EXPERIMENTAL
EN PROCESO DE PRUEBA

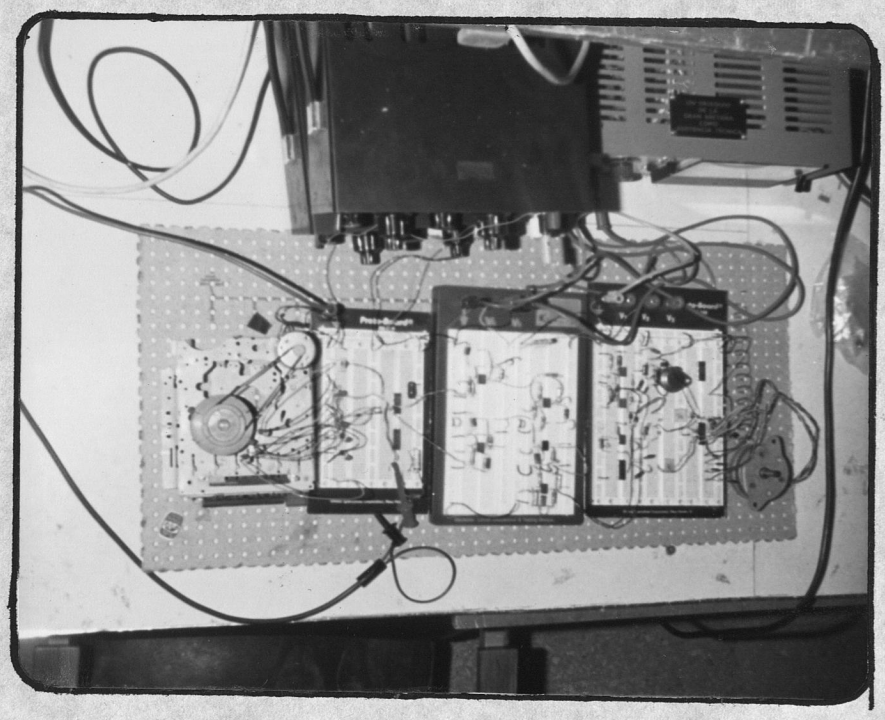


FIGURA 4.18

VISTA SUPERIOR

DEL MODELO EXPERIMENTAL

4.4 COMPARACION CON MAQUINAS REALES EN LA INDUSTRIA LOCAL

La mayoría de las casas proveedoras de Sistemas de Control de Registro de Colores ofrecen diversos modelos muy complejos con precios extremadamente altos.

Tal es el caso del modelo AUTOTRON - 150 de la Casa Crosfield de Inglaterra, el cual ha sido tomado como modelo de referencia para ilustrar las ventajas del Prototipo propuesto en este Trabajo.

Este equipo es aprovechado en una industria local para controlar la Impresión de hasta seis colores en trabajos de máquinas Rotativas sobre lienzos de material plástico.

Consiste de cinco Unidades de Control, ya que la sexta no es necesaria pues corresponde al color guía.

Cada una de estas Unidades de Control, emplea costosas tarjetas de "Medición", "Registro de Marca", "Corrección", y "Ciclaje y Disparo de Tiristores". El equipo además utiliza una Unidad Madre de "Interfaz" y una Unidad de "Osciloscopio".

Este equipo digitaliza la mayor parte de su proceso y por ende proporciona una excelente precisión. Sin embargo, las condiciones rudas de trabajo, vibraciones, fallas de operación, malas graduaciones, altas temperaturas de trabajo (debido a los calentadores y motores cercanos), variaciones de voltaje, picos de voltaje de surgimiento por acción de cargas inductivas, etc; pueden originar severas fallas que harían del equipo virtualmente inconfiable y por otro lado, por su complejidad, produciría molestosas jornadas de mantenimiento y reparación, como ha sucedido en escenas reales.

Este sistema como cualquier otro de ese nivel, consiste en el trámite de cinco señales de "Registro de marca" que vienen amplificadas de cinco respectivas fotoceldas localizadas en "cabezas", las cuales se encuentran posicionadas muy cerca de la zona de impresión de cada color.

Cada señal es procesada digitalemte y comparada, hasta que logra disparar los tiristores que permiten energizar a cinco respectivos motores tipo "Slo-syn" que son los que adelantan o atrasan cada rodillo

de registro.

En la figura 1.1 del Capítulo I, se muestra un esquema general de un sistema de control con cabeza de lámpara/fotocelda.

Entre las ventajas que presenta el Prototipo desarrollado en esta Tesis de Grado se anotan los siguientes factores:

a) FACTOR ECONOMICO

Todos los sistemas de control de registro de colores como es el caso del Modelo AUTOTRON 150, tienen costos muy elevados, pues éstos van desde los 50.000 hasta los 120.000 dólares, el Prototipo desarrollado en este trabajo una vez implantado en la industria local, alcanzaría ventajas económicas bastante considerables, ya que se trata de un circuito sencillo pero efectivo para el tipo de aplicación.

b) FACTOR DE MANTENIMIENTO

Debido a la gran complejidad que presentan los sistemas de control de registro de colores existentes en la industria local, se producen molestosas jornadas de mantenimiento y reparación. Esto no sucedería con el Prototipo desarrollado, por su menor complejidad, aliviando de esta manera los problemas de mantanimiento para el industrial nacional.

c) FACTOR AL INGENIO LOCAL

Al efectuarse la implantación del Prototipo en la industria local, se estaría dando confianza al Técnico Nacional, pues se escogería un Control de Registro de Colores de apreciable exactitud, bajo costo, sencillo, pero colma las necesidades de funcionamiento igual que un sistema más sofisticado.

4.5 SUGERENCIAS PARA LA IMPLANTACION

Luego de haber concluído con el Desarrollo de un Control de Registro de Colores para Impresoras Rotativas, se sugiere lo siguiente para el proceso

de implantación del Prototipo a la industria nacional:

a) Se tome en cuenta el trabajo ejecutado con el Prototipo del Laboratorio, considerando las modificaciones eventuales en el montaje Real en una Máquina Rotativa de Impresión de Colores sobre rollos de material plástico.

b) Ensamblar todas las Unidades de alimentación del nuevo "equipo electrónico".

c) Definir una Industria específica especial donde se implante el Prototipo desarrollado experimentalmente, (Celoplast S.A) que financie la implantación definitiva para que el circuito sea un equipo alterno al ya existente en esta Industria.

d) Definir un presupuesto y un plan de trabajo que tenga que ver con la industria dónde se llevaría a cabo la implantación del circuito.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1.- Este trabajo presenta las características generales de un Prototipo simple que originará a su vez posteriores depuraciones técnicas en la maniobra del sitio industrial.

2.- Aunque la precisión no es exactamente igual a la de los equipos complejos como el AUTOTRON 150, la operación del Prototipo colma las necesidades de funcionamiento, particularmente en trabajos de impresión con lienzos de material plástico donde el corrimiento de impresión de colores es apreciable por el estiramiento del material y por consiguiente el Control analógico del Prototipo desarrollado es compatible y vendible.

3.- Se ha obtenido un circuito que alcanza ventajas económicas considerables, debido a los pocos componentes y a lo compacto del paquete circuital, el mantenimiento correctivo y preventivo se convertiría en una tarea fácil, en comparación con el de un sistema sofisticado.

RECOMENDACIONES

Por lo expuesto anteriormente se recomienda lo siguiente:

1.- Pasar a la etapa siguiente, esto es a la incorporación del Prototipo a la industria local y realizar pruebas "in situ".

2.- Ya que el Prototipo utilizó señales generadas a travéz de interruptores magnéticos para simular los trenes de pulsos que emiten las fotocélulas de las cabezas rastreadoras de cada rodillo de Registro, se hace necesario efectuar pruebas más contundentes con señales propias de cabezas similares en la práctica. De esta forma se comprobaría la eficiencia de detección.

3.- Se debe proseguir con la política de "desarrollo de Prototipos" en los laboratorios de las Universidades técnicas del país, pues así se podrá arribar a un estado racional de desarrollo técnológico en este campo que permitirá una saludable relación entre Operador-Industrial-Ingeniero.

4.- Equipar un Laboratorio especial con el equipo necesario para incentivar al estudiante a realizar trabajos que consistan en diseñar y construir circuitos electrónicos.

5.- Presentar facilidades al estudiante para conseguir los elementos necesarios para la construcción de los tabajos de Tesis.

BIBLIOGRAFIA

1. BECERRA C.: Informe Técnico sobre desarrollo de Proyectos Aplicados. CELOPLAST S.A.1981
2. MILLMAN and HALKIAS: Integrated Electronics, analog and digital circuits and Systems.
3. ROBERT F. COUGHLIN/FREDERICK F. DRISCOLL: Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits.
4. HOWARD M. BERLIN: Design of OP-AMP Circuits with Experiments.
5. SAMUEL WEBER: Notebook Proven Designs for Systens. Aplications.
6. CROSFIELD, CORP. AUTOTRON 150: Colour Register Technical Manual.
7. P. P. ACARNLEY: Stepping Motors; a guide to modern theory and practice.
8. BENJAMIN C. KUO: Theory and Applications of Step Motors.
9. BYTE Publications Inc. 1979: Stepping Motor Primer.
10. ELECTRONIC DESING, 1977: Focus on Stepping Motors.



A.F. 141874