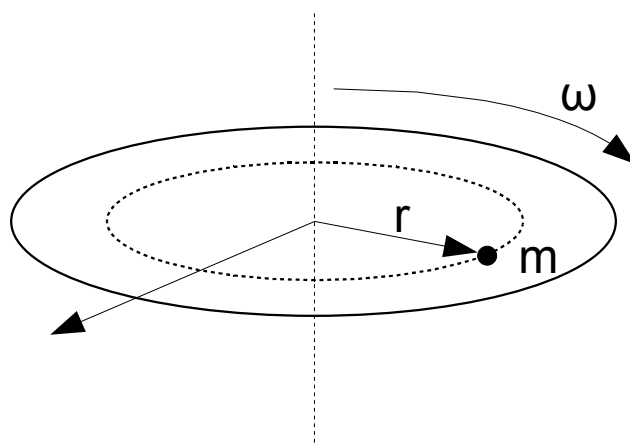


GATTI S.A.

Equipo de balanceo vertical (Máquina número M005)



Manual técnico

Ramón D. Retamar (HR Servicios) – 2007
<http://www.hrseudios.com.ar>

Documento diagramado con OpenOffice.org 2.4

Módulos que componen el equipo: Se trata de circuitos bien diferenciados, cada uno realizando una tarea determinada. A continuación se ofrece una breve descripción de cada uno de estos módulos:

Plaqueta principal:

- Microcontrolador principal (pic18f4620 “glue logic”): se encarga del control del teclado, la pantalla, el almacenamiento de la lista de piezas, el acceso al reloj/calendario, los cálculos, la comunicación con la impresora y con los restantes módulos.
- Microcontrolador secundario (pic18f452): Recibe los datos del encoder incremental (medición de ángulos y velocidad), controla la comunicación con el convertidor ADC y verifica la presencia de la señal de SCLK.
- Reloj-calendario (HT1380): permite mantener en forma permanente la fecha y hora. El acceso para leer o escribir estos datos es realizado por el microcontrolador principal a través de una interfase de tres líneas.
- Multiplexor (CD4016): realiza un multiplexado de las líneas de datos serie en el microcontrolador principal. De esa forma, se puede direccionar el envío de datos hacia la impresora (9600 baudios) o hacia el controlador de variador de velocidad (115200 baudios).
- Protector de pantalla (IRFZ44N): se encarga de apagar la iluminación posterior (backlight) del display luego de detectarse un período de inactividad suficientemente prolongado. Esto incrementa la vida útil del sistema de iluminación.
- Convertidor de nivel (MAX232): Convierte los niveles TTL (0/5v) a RS232 (+/- 12v) para permitir la comunicación con la impresora o PC.
- Selector de modo (CD4030): Se encarga de reiniciar los microcontroladores e indicar el modo de funcionamiento cuando se cambia la llave entre las posiciones de ciclo o programación.
- Etapa de filtrado y rectificado de señal (TL084 / MF10): Se encarga del filtrado y posterior rectificado de la señal proveniente del sensor piezoeléctrico. Dicha señal luego se envía hacia el ADC (MAX197).
- Convertidor analógico/digital (MAX197): este ADC serie de alta velocidad recibe la señal filtrada y rectificada, y es accedido mediante el microcontrolador secundario.
- Conectores de programación: permiten conectar un programador/depurador “en circuito” para actualizar el software de ambos microcontroladores. Si no se conecta un equipo programador deben insertarse jumpers entre los pines.

Controlador de teclado: se trata de un microcontrolador (PIC16F870) que realiza la lectura de una matriz de teclas y se encarga de generar una realimentación táctil a través de un beep en un buzzer piezoeléctrico. La salida de datos (5 bits en paralelo más un bit de “strobe”) se envía al microcontrolador. También se provee una salida en forma serial que actualmente está sin uso.

Fuente de alimentación: Se encarga de proveer las cinco tensiones que necesita el equipo (+/- 5v, +/- 12v, y una tensión ajustable para la iluminación posterior del display. Cuenta con leds indicadores de presencia de las cuatro tensiones (verdes) y de apertura de fusibles (rojos).

Controlador de variador de velocidad: Recibe comandos en forma serie desde el microcontrolador principal y se encarga del control del variador de velocidad (a través de una salida analógica y tres

salidas digitales). También se encarga de generar una señal rectangular de frecuencia variable (SCLK) usada en el módulo de filtrado. El equipo incluye un software para realizar el diagnóstico y calibración de este módulo.

Puntos de prueba (test points):

Dentro de la plaqueta principal, se proveen de ocho puntos de prueba, donde mediante el uso de un téster u osciloscopio (según el tipo de señal presente) se podrán realizar mediciones para diagnóstico de los diferentes módulos. En el esquema electrónico aparecen en subrayado.

A continuación se describe la función de cada uno de estos puntos:

GND: Conectado a 0v de la fuente de alimentación. Usar para conectar el terminal negativo del instrumento de medición a usar.

TP1: Tensión de la pila de litio. Esta pila se utiliza para mantener en funcionamiento permanentemente el reloj/calendario HT1380, para conservar la fecha y la hora aunque se desconecte la tensión de alimentación. Con la pila al 100 % de su capacidad, la tensión presente debería ser aproximadamente de 3,1V, descendiendo a medida de que la pila se agota. Cuando la tensión sea insuficiente el reloj puede “atrasar” la hora o bien reiniciarse (un valor menor a 2,2v puede ser un indicio de que es necesario un reemplazo). El cambio de la pila puede hacerse (con precacución) estando el equipo encendido.

TP2: Entrada del ADC. Durante un ciclo de medición, en este pin puede observarse la señal obtenida a la salida del rectificador. Se trata de una señal con semiciclos positivos senoidales (media onda) y una amplitud máxima de 4,095 V (un valor más elevado hará que se muestre en pantalla el mensaje de “velocidad excesiva”). La frecuencia de esta señal será igual a la frecuencia de giro del motor (por ejemplo, una velocidad de giro de 600 rpm equivaldrá a una frecuencia de 10 hz).

TP3: Salida “busy” (ocupado) del microcontrolador secundario. Indica que se está realizando una captura. Al inicializar el microcontrolador secundario, durante un breve instante se realiza una medición de la frecuencia de la señal presente en FCLK (pin 15). Si es cero, la línea quedará permanentemente en estado alto y se mostrará en pantalla un mensaje de error indicando la situación.

TP4: Señal proveniente del sensor piezoeléctrico, sin atenuar ni filtrar.

TP5: Salida de datos del microcontrolador secundario. Durante un ciclo de medición se envían al microcontrolador principal los datos de desbalanceo obtenidos a través de la detección del máximo valor de tensión en cada semiciclo (junto a su ángulo correspondiente).

Al finalizar el ciclo, se usa la misma línea para enviar los datos de posición angular. El microcontrolador secundario enviará los datos de posición solamente si la velocidad del rotor está por debajo de un límite. El nivel de señal es TTL, el protocolo se basa en texto plano (para facilitar la visualización por pantalla desde un software de terminal). A continuación se muestra el formato de los paquetes de datos presentes en esta línea:

Datos de posición angular:

Nombre	Tipo de dato	Longitud
-----	-----	-----
Encabezado:	Cadena 'P' (inicio del paquete)	(1 byte)
Angulo:	Cadena numérica justificada a la derecha con espacios	(3 bytes)

siguiente carácter será la A (primera posición).

, (coma): inserta un espacio en la posición del cursor.

Borrar: elimina el último carácter ingresado.

Pulsador “Ciclo”: Confirmar el carácter actual y pasar a la siguiente posición (el cursor parpadeante se desplazará hacia la derecha). La longitud máxima por nombre es de 20 caracteres. Nótese la similitud del mecanismo de edición con el que se utiliza en dispositivos como los teléfonos celulares.

Para salir del modo de edición de nombre, se puede presionar Enter (aceptar los cambios) o Esc (anular los cambios).

Modificación de la fecha y hora: El siguiente ítem es la visualización y/o modificación de la fecha y hora. Se mostrarán los datos en pantalla, dando la posibilidad de modificarlos presionando Enter o mantener los valores actuales pulsando Esc. Al final de este proceso, aparecerá en pantalla durante unos breves instantes la leyenda “El reloj del equipo ha sido actualizado”.

Modo de depuración: Este modo permite realizar procesos de diagnóstico y calibración, permitiendo que el equipo muestre el estado de variables internas por impresora o a través de una PC (en ambos casos la lista es de texto plano). Se trata de un valor numérico comprendido entre 0 y 10. Los valores soportados actualmente son:

0: modo de depuración deshabilitado (funcionamiento normal).

1: enviar datos de ciclo e impresión a una PC a través del port serie (115200 baudios).

2: enviar datos de ciclo e impresión a la impresora (9600 baudios).

3: enviar resultados del ciclo resumidos a una PC (115200 baudios)

Si el modo de depuración es diferente de uno, aparecerá una leyenda al encender el equipo, indicando la situación y el modo actualmente seleccionado.

Datos enviados en los modos de depuración número 1 (PC) y número 2 (Impresora):

En este modo se puede obtener todos los datos recibidos desde el microcontrolador secundario junto a los calculados por el microcontrolador principal en tiempo real, a través de una salida por el port serie en formato de texto plano. A continuación se muestra un ejemplo de la salida:

```
Velocidad:      600
Radio:         55
Residuo:       200
Offset angular: 63
Constante K:   1077
Sentido :      A
Muestras :    50

#   String   AR   AC   T   AM   VM   AMin  AMax  DA   DT   MasaI  Masa  U (mm.g) %DT/T  ComF
1  I359 854   359  114  854  113  854   359  -359 64818  0    6.67  6.67  367.10  0.0   1.0
...
(49 muestras restantes...)
```

Descripción de las diferentes columnas:

Primera columna: “#” Indica el número de captura actual. En el ejemplo citado el primer valor será uno y el último valor cincuenta.

Segunda columna “String”: Es el string recibido desde el microcontrolador secundario (ver descripción del protocolo para más datos). Contiene información sin procesar del ángulo de

desbalanceo y el valor de tensión obtenido a la salida del ADC.

Tercera columna “AR”: Es el valor angular recibido, obtenido al realizar el “parsing” (separación de campos) del string recibido (columna anterior).

Cuarta columna “AC”: Angulo corregido. Es el ángulo de desbalanceo modificado luego de compensar el offset por desplazamiento de encoder y la obtención del ángulo inverso.

Quinta columna “T”: Tensión recibida desde el ADC, obtenida al realizar el “parsing” del string recibido (ver segunda columna).

Sexta columna “VM”: Valor de tensión medio. Es el valor medio obtenido a partir de las sucesivas capturas en el ciclo.

Séptima columna “A Min”: Angulo mínimo recibido de las sucesivas capturas en el ciclo.

Octava columna “A Max”: Angulo máximo recibido de las sucesivas capturas en el ciclo.

Novena columna “DA”: Delta angular. Diferencia entre el ángulo máximo y el mínimo.

Décima columna: “DT”: Delta de tensión. Diferencia entre la tensión máxima y la mínima.

Decimoprimera columna: “Masa I”: Masa de desbalanceo calculada a partir del valor de tensión recibido en la muestra actual.

Decimosegunda columna: “Masa”: Masa de desbalanceo media, calculada a partir de las diferentes capturas.

Decimotercera columna “U(mm.g)”: Valor de U “cantidad de desbalanceo”. Se trata del producto entre la masa de desequilibrio y el radio. Está expresado en gramos por mm.

Decimocuarta columna “%DT/T”: Máximo valor permitido de porcentaje de delta T sobre el valor de T. Este valor se utiliza para determinar si la velocidad del rotor es insuficiente (si se supera este valor, el ciclo se interrumpirá).

Decimoquinta columna “ComF”: Factor de compensación de fase. Valor calculado a partir de la velocidad actual, usado para compensar la desviación de fase de la señal obtenida de los filtros.

Número de capturas: Permite definir el número de “muestras” que se tomarán durante un ciclo. El valor por defecto es 50 y puede variarse entre 1 y 300. A mayor número de capturas, mayor será la exactitud de la medición (se realiza un promedio de los valores obtenidos en las capturas) y mayor el tiempo que dure cada ciclo. El operario puede ver las capturas restantes en pantalla cuando se está realizando un ciclo.

Protector de pantalla: Intervalo de tiempo (expresado en segundos) a partir del cual se apagará automáticamente el sistema de iluminación del display si no se ha presionado ninguna tecla. El valor predeterminado es de 60 segundos. Los valores admisibles varían entre 1 y 65535.

Desplazamiento del encoder: Valor igual a la diferencia entre el cero angular real del encoder y el cero usado por el operario. Los valores admitidos están entre 0 y 359 (grados). El valor predeterminado es 63 (grados).

Constante K: Valor de una constante usada en la expresión para el cálculo de la masa de desbalanceo. El valor predeterminado es 1077.

DT Máximo: Máximo valor de delta T admitido. Está expresado en milivoltios (mv) y los valores admitidos están entre 50 y 1000 (50 mv a 1v). Si el promedio del delta entre los valores de tensión capturados supera este umbral, el ciclo se interrumpirá con el mensaje “Inestabilidad”. El valor predeterminado es 150 milivoltios.

% De delta T sobre T: Máximo valor permitido de porcentaje de delta T sobre el valor de T. Los valores admitidos varían entre 1 y 200 %. Este valor se utiliza para determinar si la velocidad del rotor es insuficiente (si se supera este valor, el ciclo se interrumpirá). El valor predeterminado es de 6 %.

Detectar umbrales erróneos: Habilita o deshabilita la detección de umbrales fuera de rango (causantes de la interrupción de un ciclo por inestabilidad o velocidad insuficiente). Si se deshabilita esta opción, se corre el riesgo de que un ciclo se complete pero con resultados incorrectos, ya que no se realizará ningún tipo de verificación sobre los valores de tensión capturados (excepto el chequeo de velocidad excesiva, que no puede deshabilitarse). **La utilidad de esta función es permitir realizar un “ensayo automático” de múltiples ciclos consecutivos sin interrupciones.**

Corregir ángulos: Si esta función está deshabilitada, se usarán los valores angulares recibidos desde el microcontrolador secundario sin ningún tipo de corrección (de offset o de opuesto).

Subprograma de testeo del controlador de variador

Este subprograma permite verificar el correcto funcionamiento de la placa controladora del variador de velocidad. Para acceder al mismo, se debe seleccionar el modo “Ciclo” e inmediatamente presionar la tecla 0 (cero). En este modo, las teclas disponibles son:

- 1: Arranque del motor con los parámetros actuales del ciclo (velocidad y sentido)
- 6: Detener motor

- 2: Incrementar en un 1 hz la frecuencia de FCLK.
- 7: Reducir en 1 hz la frecuencia de FCLK.

- 5: reducir la velocidad de giro (-1 rpm).
- 0: incrementar la velocidad de giro (+1 rpm).
- Borrar: reducir la velocidad de giro (-10 rpm).
- Coma: incrementar la velocidad de giro (+10 rpm).

Enter: invocar al subprograma de ensayo automático.

Esc o Pulsador “Ciclo”: salir del subprograma de testeo del controlador. Los valores modificados durante el subprograma de testeo del controlador serán restaurados a los iniciales.

Subprograma de ensayo automático:

Este subprograma se encargará de realizar una serie de ciclos de medición consecutivos en forma

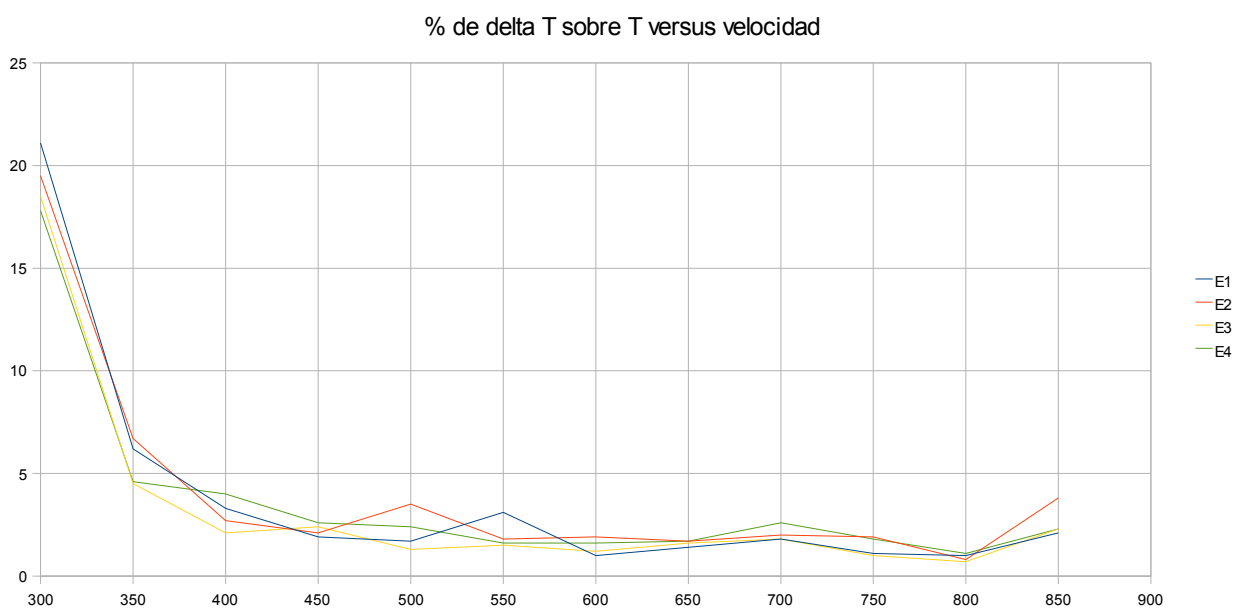
Cuarta columna: Delta T. Dentro de cada ciclo, es la diferencia entre el mínimo valor de tensión recibido y el máximo. Se expresa en mv y debería ser lo más pequeño posible.

Quinta columna: Masa de desequilibrio media (expresada en gramos). En este ejemplo se usó un contrapeso de 0,7 gramos.

Sexta columna: Valor de U “cantidad de desbalanceo”. Se trata del producto entre la masa de desequilibrio y el radio. Está expresado en gramos por mm.

Séptima columna: Es el porcentaje del Delta T con respecto al valor de T.

A partir de los datos obtenidos por el subprograma de ensayo automático, pueden confeccionarse curvas de variación de parámetros a diferentes velocidades usando una planilla de cálculos. A continuación se adjunta una gráfica de ejemplo, donde se muestra la variación del porcentaje de “Delta T sobre T”. Obsérvese que los valores más apropiados se obtienen entre 500 y 800 rpm.



% delta T versus velocidad – 4 ensayos				
Velocidad	E1	E2	E3	E4
300	21,1	19,5	18,5	17,8
350	6,2	6,7	4,5	4,6
400	3,3	2,7	2,1	4
450	1,9	2,1	2,4	2,6
500	1,7	3,5	1,3	2,4
550	3,1	1,8	1,5	1,6
600	1	1,9	1,2	1,6
650	1,4	1,7	1,6	1,7
700	1,8	2	1,8	2,6
750	1,1	1,9	1	1,8
800	1	0,8	0,7	1,1
850	2,1	3,8	2,3	2,3

Procedimiento de calibración (masa de desbalanceo)

Materiales necesarios:

- Disco de calibración (convenientemente balanceado).
- Contrapeso “patrón” (con un peso debidamente contrastado).

La exactitud de la calibración dependerá del grado de exactitud en el “contrapeso patrón” y el grado de balanceo presente en el disco.

Procedimiento (simplificado): Colocar disco de calibración con el contrapeso “patrón” a una distancia (radio) conocida. Usar una velocidad apropiada (si la velocidad es excesiva, el equipo interrumpirá el ciclo advirtiendo la situación, y a la inversa, si la velocidad es insuficiente se sugerirá un incremento de la misma), por ejemplo 700 RPM.

Iniciar un ciclo, verificando que el valor de masa obtenido en el display (gramos) coincida (lo más aproximadamente posible) con el “contrapeso patrón” para la distancia especificada. En caso de no coincidir, puede usarse R12 (preset multivuelatas) para modificar el valor obtenido en función del valor deseado.

Si se duplica el valor del “contrapeso patrón”, el valor de masa de desbalanceo debería también duplicarse. El mismo efecto se obtiene si se mantiene el mismo contrapeso pero se duplica el radio.

El valor de masa de desequilibrio (si no se cambia el “contrapeso patrón” o el radio) mostrado en el display debería ser prácticamente constante para diferentes velocidades. Usando el modo de “ensayo automático” y habilitando el modo de depuración “#3”, pueden obtenerse curvas de respuesta para diferentes velocidades. En este último caso, puede ser útil deshabilitar la detención automática por umbral fuera de rangos (ver sección dedicada a la configuración avanzada del equipo).

Procedimiento de calibración (ángulo de desbalanceo)

Nota: este procedimiento debería realizarse solamente si por algún motivo (por ejemplo, cambio de rodamiento en el motor) se necesita verificar que la posición “cero” del encoder coincide con el cero del equipo (normalmente no coinciden, por eso se utiliza el valor de “offset angular” que compensa esta diferencia).

Materiales necesarios:

- Disco de calibración (convenientemente balanceado).
- Contrapeso “patrón”.

Procedimiento: Colocar el contrapeso en un ángulo conocido y realizar un ciclo de pruebas. Verificar que el ángulo mostrado en pantalla coincida con el ángulo donde se colocó el contrapeso. En caso de existir una diferencia, esta puede corregirse modificando el valor de “offset angular” desde las opciones de “configuración avanzada”. Al invertir la velocidad de giro, el valor angular obtenido debería ser prácticamente idéntico al obtenido en el sentido de giro inicial.