


เอกสารอ้างอิง

1. วัดมา ธรรมมงคล, สมนึก กุลประภา และ วิจิต ช่อวิเชียร. กำลังวัสดุ.
พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : 2522
2. Perry, C.C. and Lissner, H.R. The Strain Gage Primer. 2nd ed.
New York ; Mc Graw-Hill, 1962
3. Dally, James W. and Riley William F., Experimental Stress Analysis.
2nd. ed. New York : Mc Graw-Hill, 1978.
4. Dean, Mills, III, ed., Semiconductor and Conventional Strain
Gages. New York : Academic Press, 1962.
5. Copper, William David. Electronic Instrumentation and Measure-
ment Techniques. 2nd ed. Englewood Cliffs, New York :
Prentice-Hall, Inc, 1978.
6. Norton, Harry N., Handbook of Transducers for Electronic Measur-
ing Systems. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall,
1969.
7. Neubert, Hermann K.P., Strain Gauges : Kind and Uses. New York :
St. Martin's Press, 1967.
8. Metcalfe, T.J., Weighing Machines. Vol. 3 London : Griffin, 1970.
9. Intersil Application Bulletin A017, "The Integrating A/D Conver-
ter," by Lee Evans.
10. Van Santern, G.W., Electronic Weighing and Process Control.
Eindhoven, Netherland : Philips Technical Library, 1967.



ภาคผนวก ก.
พระราชบัญญัติเกี่ยวกับเครื่องชั่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชนิดของ เครื่องยี่งและข้อกำหนด

เครื่องยี่งชนิดที่ 1

ข้อ 66 เครื่องยี่งชนิดที่ 1 นั้น คือ เครื่องที่มีศูนย์กลางออกไปจากพิลครัม (fulcrum) เท่ากันทั้ง 2 ข้าง และถาดยี่งทั้งสองห้อยอยู่ใต้ค้ำ

ข้อ 67 ลายห้อยถาดยี่งของเครื่องยี่งชนิดนี้ ห้ามมิให้ใช้เชือก

ข้อ 68 อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดทั้งฝ่ายมากและฝ่ายน้อย และอัตราความรู้สึกล้น อนุญาตดังนี้

ยี่งน้ำหนักเต็มพิกัดกำลังเครื่อง อนุญาต $\frac{1}{2000}$ ของน้ำหนักนั้น

ข้อ 69 เครื่องยี่งชนิดที่สำหรับใช้ชั่งมณณมีค่าเงิน ทอง เครื่องประดับมณณและของเล็ก ที่มีค่ามากนั้น อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดและอัตราความรู้สึกล้นดังนี้

ยี่งน้ำหนักเต็มพิกัดกำลังเครื่อง อนุญาต $\frac{1}{5000}$ ของน้ำหนักนั้น

เครื่องยี่งชนิดที่ 2

ข้อ 70 เครื่องยี่งชนิดที่ 2 นั้น คือ เครื่องที่มีศูนย์กลางออกไปจากพิลครัมเท่ากันทั้ง 2 ข้าง และถาดยี่ง และแท่นยี่งทั้ง 2 อยู่เหนือค้ำ

ข้อ 71 ถ้ำค้ำหรือตัวเครื่องเป็นชนิดแปดต้องเป็นราวตามอย่างน้อย 2 อัน ที่รับถาด ยี่งต้องทำอย่างแข็งแรง

เล้ากลางต้องทำโดยมิให้อัดหมุนเคลื่อนจากที่ได้

ที่ปิด ขอ และห่วงทั้งปวง ในส่วนซึ่งกระทบกับที่อื่นต้องทำด้วยเหล็กดีอย่างแข็งหรือ ด้วยหินแก้ว (agate) หรือวัตถุอื่นที่สามงงานกลางเห็นชอบ

ข้อ 72 สำหรับเครื่องที่ทำให้เที่ยงโดยใช้บาแลนซิงบอกรี ๆ นั้นต้องติดแน่นใต้ถาดยี่ง และมีขนาดเพียงบรรจุวัตถุที่ทำให้เที่ยงได้ไม่เกิน 1 เพอร์เซ็นต์ ของพิกัดกำลังแห่งเครื่องนั้น

และจะใส่ ถอดได้ก็ต้องโดยใช้เครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่งทำ

การทำให้เครื่องเที่ยงนั้น ห้ามมิให้ใช้วิธีอื่น

(ความในข้อ 73 ถูกยกเลิกโดยข้อ 1 แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2486) และใช้ความต่อไปนี่แทน)

ข้อ 73 ภาตข้งหรือแท่นข้ง ต้องทำด้วยวัตถุแข็งหรือโลหะ และห้ามมิให้ทำสัดภาตข้ง

ข้อ 74 อัตราเผื่อขาดทั้งฝ่ายมากและฝ่ายน้อย และอัตราความรู้สึกนั้นอนุญาตตั้งนี้
ข้งน้ำหนักเต็มศึกัดกำส้งเครื่อง อนุญาต $\frac{1}{500}$ ของน้ำหนักนั้น

เครื่องข้งชนิดที่ 3

ข้อ 75 เครื่องข้งชนิดที่ 3 นั้น คือ เครื่องข้งข้งฟิลครัมอยู่ค่อนไปข้งหนึ่งของคัน
คันทางค้ำนลันแชนนที่รับของข้ง (จะเป็นภาตหรือขอกก็ตาม) และทางค้ำนยาวมีข้นหมายมาตรา
และตุ้มพอยล์เพื่อบอกอัตราน้ำหนักเครื่องนี้เป็นเครื่องประเภทลิเวอร์ จะใช้ข้งต้องห้อยแชนน
หรือติดไว้ กับล้งอื่นอันอยู่เหนือเครื่อง และไม่ใช่เป็นส่วนของเครื่องนั้น

ข้อ 76 คันข้งนั้นต้องทำด้วยเหล็กเหนียว หรือเหล็กดี หรือวัตถุใด ๆ ที่ล้าม้งานกลาง
เห็นชอบ คันข้งทางค้ำนยาวต้องตรงจริง ๆ

(ความในข้อ 77 และข้อ 78 ถูกยกเลิกโดยข้อ 1 แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2486)
และใช้ความต่อไปนี่แทน)

ข้อ 77 ข้นหมายมาตราบนคันข้งชนิดขิดหรือหั้นเลื้อย ข้งมีขนาดศึกัดกำส้งตั้งแต่ 100
กิโลกรัมลงมา ต้องทำไว้ข้งเดียวให้ได้อากกับคันข้ง

ข้อ 78 เครื่องชนิดนี้ห้ามมิให้มีขนาดศึกัดกำส้งต่ำกว่า 10 กิโลกรัม หรือมีข้นหมาย
มาตราไม่ตั้งค้ำด้วยศูนย์ (0)

ข้อ 79 อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดทั้งฝ่ายมากและฝ่ายน้อย และอัตราความรู้สึกนั้น
อนุญาตตั้งนี้

ข้งน้ำหนักเต็มศึกัดกำส้งเครื่อง อนุญาต $\frac{1}{500}$ ของน้ำหนักนั้น

เครื่องชั่งชนิดที่ 4

ข้อ 80 เครื่องชั่งชนิดที่ 4 นั้น คือ เครื่องชั่งมีที่รับของชั่ง เป็นแท่นอยู่เหนือสลิเวอร์อันเนื่องอยู่กับคันหรือกับที่อื่น ซึ่งเป็นที่บอกอัตราน้ำหนัก แท่นนี้มีที่หมุนอันเป็นที่รับไนฟ์เอดจ์ 4 ทาง เป็นอย่างน้อยและที่หมุนนี้ตั้งกับบนไนฟ์เอดจ์ในสลิเวอร์

ข้อ 81 ที่คันชั่งของเครื่องนั้น นอกจากที่รองตุ้มเคาน์เตอร์พอยส์ (counter poise) แล้ว ต้องทำทำให้มีลื่นถอกจากกันได้ง่าย

ข้อ 82 ถ้าไม่ใช่แท่นชั่งธรรมดา จะใช้ที่รับของอย่างอื่นที่ถอดได้แทนที่รับของนั้นต้องเป็นลื่นสำคัญของเครื่อง ซึ่งถ้าไม่มีสิ่งนั้นแล้ว เครื่องจะเที่ยงไม่ได้เลย

ข้อ 83 ตุ้มเคาน์เตอร์พอยส์ทุกอันสำหรับเครื่องนั้น ต้องมีเครื่องหมายบนตุ้มพอที่จะให้เห็นได้ว่าเป็นตุ้มประจำกับเครื่องใด เครื่องหมายนั้นต้องไม่ลบเลือนได้ง่าย ตุ้มนั้นต้องหมายไว้ว่าจะให้แทนน้ำหนักเท่าใด

ข้อ 84 ตุ้มเคาน์เตอร์พอยส์นี้ต้องทำรูปให้ผิดไปจากตุ้มน้ำหนักธรรมดา (ความในข้อ 84 ทวิ เพิ่มเติมโดย ข้อ 2 แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 3 พท.ศ. 2486) ดังต่อไปนี้

ข้อ 84 ทวิ ตุ้มเคาน์เตอร์พอยส์ และตุ้มพอย์ชนิดเลื่อน ถ้าต้องมีรูสำหรับเติมตะกั่ว เพื่อให้ตุ้มตรงอัตรา จะมีได้เพียงรูเดียว

ข้อ 85 เครื่องชั่งชนิดนี้ ถ้ามีพิกัดกำลังต่ำกว่า 50 กก. ห้ามมิให้เจ้าพนักงานให้คำรับรอง

ข้อ 86 อัตราเมื่อเหลือเมื่อขาดทั้งฝ่ายมากและฝ่ายน้อย และอัตราความรู้สึกนั้น อนุญาตดังนี้

ชั่งน้ำหนักเต็มพิกัดกำลังเครื่อง อนุญาต $\frac{1}{2,000}$ ของน้ำหนักนั้น

เครื่องชั่งชนิดที่ 5

ข้อ 87 เครื่องชั่งชนิดที่ 5 นั้น คือ เครื่องชั่งอัตโนมัติ (automatic) ที่โดยมากใช้ในการชั่งเร็ว ๆ เพราะประกอบด้วยเครื่องกลอันทำขึ้นเป็นพิเศษสำหรับบอกอัตราน้ำหนักหรือรวมปริมาณน้ำหนักของที่ชั่งได้เอง

ข้อ 88 เครื่องชั่งชนิดที่ 5 นี้มีลักษณะเข้าอยู่ในจำพวกเครื่องชั่งชนิดใดต้องทดลอง

ให้ถูกต้องตามข้อบังคับที่ว่าด้วยเครื่องชนิดนั้นทุกประการ

(ความในข้อ 88 ทวิ เพิ่มเติมโดยข้อ 2 แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2486) ดังต่อไปนี้)

เครื่องยังชนิดที่ 6

ข้อ 88 ทวิ เครื่องยังชนิดที่ 6 ได้แก่เครื่องยังสปริงมีลักษณะและวิธีใช้ดังต่อไปนี้

- (1) ขึ้นหมายมาตราที่หน้าปิดต้องให้เห็นเด่นชัด และช่องระหว่างขึ้นต้องมีระยะห่างกันไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร
- (2) หน้าปิดที่แสดงขึ้นหมายมาตราต้องตรงติดแน่นกับตัวเครื่อง
- (3) มีขึ้นหมายมาตราศูนย์ (0) แสดงอย่างชัดเจน กับต้องไม่มีที่กั้นเข็มชี้อัตราน้ำหนัก
- (4) เข็มชี้อัตราน้ำหนักต้องยาวพอ และอยู่ในลักษณะที่จะชี้ขึ้นหมายมาตราได้โดยชัดเจนทั้งปลายเข็มต้องมีระยะห่างจากหน้าปิดไม่เกิน 5 มิลลิเมตร
- (5) มีตะกั่วตรงหน้าปิดติดกับตัวเครื่อง ให้ปลายข้างหนึ่งทะลุหน้าปิดขึ้นมาสำหรับประทับเครื่องหมายรับรองของเจ้าพนักงาน
- (6) ที่ตั้งเครื่องให้เที่ยงและให้ไต่ระดับ ถ้ามี ต้องมีลักษณะที่จะตั้งได้ก็แต่โดยใช่เครื่องมือ
- (7) เครื่องยังชนิดแขวน ต้องใช้ห่วงเป็นที่สำหรับแขวน และห้ามมิให้ถือด้วยมือเวลาทำการชั่ง
- (6) ถ้าเป็นเครื่องยังสปริงชนิดแขวน ซึ่งมีภาตสำหรับรับของชั่งอยู่ใต้หน้าปิด ต้องให้ภาตห้อยจากห่วงที่เครื่อง จะใช้ขอแทนห่วงสำหรับเกี่ยวภาตไม่ได้แต่ถ้าเครื่องใดมีขอสำหรับเกี่ยวของชั่ง จะให้ภาตรับของชั่งเกี่ยวเข้ากับขออีกต่อหนึ่งก็ได้
- (9) ภาตรับของชั่งให้ทำด้วยสังกะสี หรือเหล็กแผ่นชุบสังกะสี ชุบทองแดง ชุบนิเกิล หรือชุบตีบุก และห้ามมิให้ทาสี
- (10) อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาดทั้งฝ่ายมากและฝ่ายน้อย อนุญาติ 1/500 ของน้ำหนักนั้น



ภาคผนวก ข.

รายละเอียดและคุณสมบัติของไอซีเบอร์ต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LM199/LM299/LM399



Voltage References

LM199/LM299/LM399 Precision Reference

General Description

The LM199/LM299/LM399 are precision, temperature-stabilized monolithic zeners offering temperature coefficients a factor of ten better than high quality reference zeners. Constructed on a single monolithic chip is a temperature stabilizer circuit and an active reference zener. The active circuitry reduces the dynamic impedance of the zener to about 0.5Ω and allows the zener to operate over 0.5 mA to 10 mA current range with essentially no change in voltage or temperature coefficient. Further, a new subsurface zener structure gives low noise and excellent long term stability compared to ordinary monolithic zeners. The package is supplied with a thermal shield to minimize heater power and improve temperature regulation.

The LM199 series references are exceptionally easy to use and free of the problems that are often experienced with ordinary zeners. There is virtually no hysteresis in reference voltage with temperature cycling. Also, the LM199 is free of voltage shifts due to stress on the leads. Finally, since the unit is temperature stabilized, warm up time is fast.

The LM199 can be used in almost any application in place of ordinary zeners with improved performance. Some ideal applications are analog to digital converters,

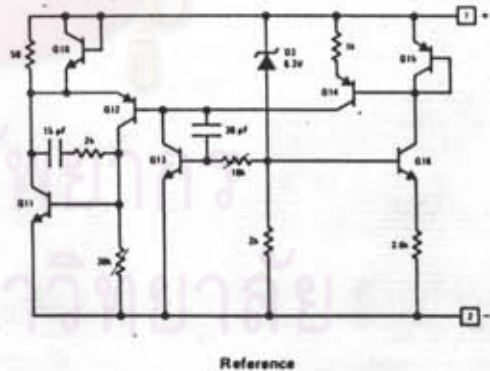
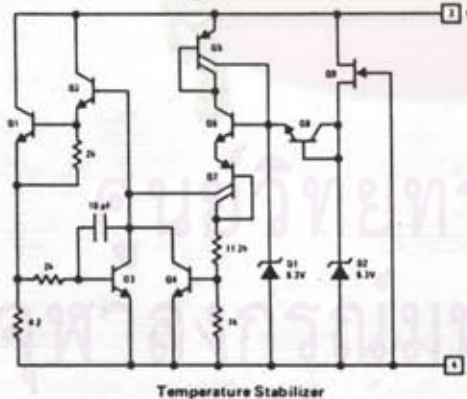
calibration standards, precision voltage or current sources or precision power supplies. Further in many cases the LM199 can replace references in existing equipment with a minimum of wiring changes.

The LM199 series devices are packaged in a standard hermetic TO-46 package inside a thermal shield. The LM199 is rated for operation from -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ while the LM299 is rated for operation from -25°C to $+85^{\circ}\text{C}$ and the LM399 is rated from 0°C to $+70^{\circ}\text{C}$.

Features

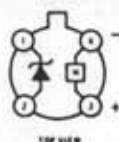
- Guaranteed $0.0001\%/^{\circ}\text{C}$ temperature coefficient
- Low dynamic impedance - 0.5Ω
- Initial tolerance on breakdown voltage - 2%
- Sharp breakdown at $400\mu\text{A}$
- Wide operating current - $500\mu\text{A}$ to 10 mA
- Wide supply range for temperature stabilizer
- Guaranteed low noise
- Low power for stabilization - 300 mW at 25°C
- Long term stability - 20 ppm

Schematic Diagrams



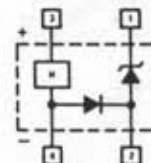
Connection Diagram

Metal Can Package



Order Number LM199H, LM299H or LM399H
See Package H04A

Functional Block Diagram



Absolute Maximum Ratings

Temperature Stabilizer Voltage	40V
Reverse Breakdown Current	20 mA
Forward Current	1 mA
Reference to Substrate Voltage $V_{(RS)}$ (Note 1)	40V -0.1V
Operating Temperature Range	
LM199	-55°C to +125°C
LM299	-25°C to +85°C
LM399	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-55°C to +150°C
Solder Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

Electrical Characteristics (Note 2)

PARAMETER	CONDITIONS	LM199/LM299			LM399			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Reverse Breakdown Voltage	$0.5 \text{ mA} \leq I_R \leq 10 \text{ mA}$	6.8	6.95	7.1	6.6	6.95	7.3	V
Reverse Breakdown Voltage Change With Current	$0.5 \text{ mA} \leq I \leq 10 \text{ mA}$		6	9		6	12	mV
Reverse Dynamic Impedance	$I_R = 1 \text{ mA}$		0.5	1		0.5	1.5	Ω
Reverse Breakdown Temperature Coefficient	$-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$ } LM199 $85^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$ } $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$ } LM299 $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$ } LM399		0.00003	0.0001				$\%/^\circ\text{C}$
			0.0005	0.0015				$\%/^\circ\text{C}$
			0.00003	0.0001				$\%/^\circ\text{C}$
						0.00003	0.0002	$\%/^\circ\text{C}$
RMS Noise	$10 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}$		7	20		7	50	μV
Long Term Stability	Stabilized, $22^\circ\text{C} \leq T_A \leq 28^\circ\text{C}$, 1000 Hours, $I_R = 1 \text{ mA} \pm 0.1\%$		20			20		ppm
Temperature Stabilizer Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Still Air, $V_S = 30\text{V}$ $T_A = -55^\circ\text{C}$		8.5	14		8.5	15	mA
Temperature Stabilizer Supply Voltage	(Note 3)	9		40	9		40	V
Warm-Up Time to 0.05%	$V_S = 30\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		3			3		Seconds
Initial Turn-on Current	$9 \leq V_S \leq 40$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, (Note 3)		140	200		140	200	mA

Note 1: The substrate is electrically connected to the negative terminal of the temperature stabilizer. The voltage that can be applied to either terminal of the reference is 40V more positive or 0.1V more negative than the substrate.

Note 2: These specifications apply for 30V applied to the temperature stabilizer and: $55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ for the LM199; $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$ for the LM299 and $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$ for the LM399.

Note 3: This initial current can be reduced by adding an appropriate resistor and capacitor to the heater circuit. See the performance characteristic graphs to determine values.

LM136/LM236/LM336



Voltage References

LM136/LM236/LM336 2.5V Reference Diode

General Description

The LM136/LM236 and LM336 integrated circuits are precision 2.5V shunt regulator diodes. These monolithic IC voltage references operate as a low temperature coefficient 2.5V zener with 0.2Ω dynamic impedance. A third terminal on the LM136 allows the reference voltage and temperature coefficient to be trimmed easily.

The LM136 series is useful as a precision 2.5V low voltage reference for digital voltmeters, power supplies or op amp circuitry. The 2.5V make it convenient to obtain a stable reference from 5V logic supplies. Further, since the LM136 operates as a shunt regulator, it can be used as either a positive or negative voltage reference.

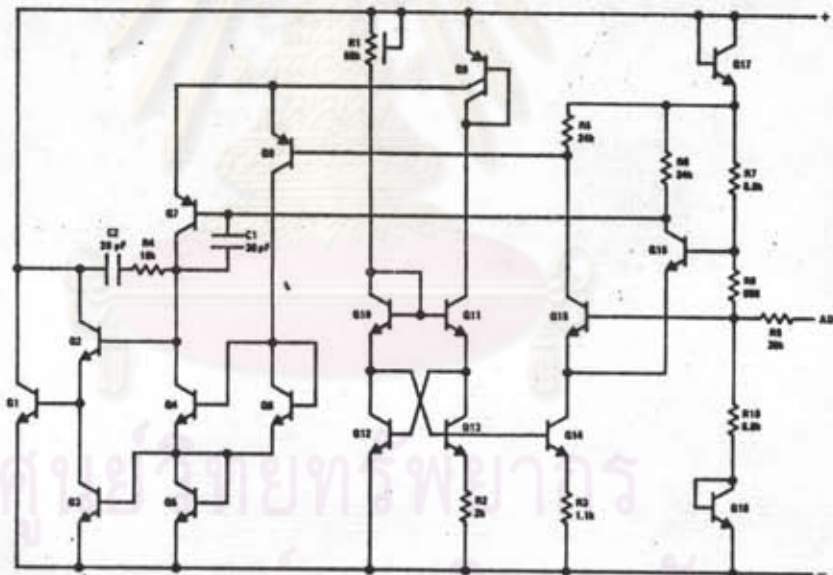
The LM136 is rated for operation over -55°C to +125°C while the LM236 is rated over a -25°C to +85°C

temperature range. Both are packaged in a TO-46 package. The LM336 is rated for operation over a 0°C to +70°C temperature range and is available in either a three lead TO-46 package or a TO-92 plastic package.

Features

- Low temperature coefficient
- Wide operating current of 300 μA to 10 mA
- 0.2Ω dynamic impedance
- ±1% initial tolerance available
- Guaranteed temperature stability
- Easily trimmed for minimum temperature drift
- Fast turn-on
- Three lead transistor package
- 5.0V device also available—LM336-5.0

Schematic Diagram

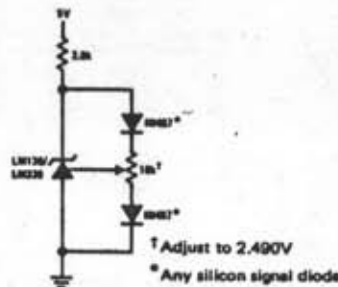


Typical Applications

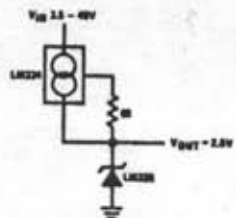
2.5V Reference



2.5V Reference with Minimum Temperature Coefficient



Wide Input Range Reference



Absolute Maximum Ratings

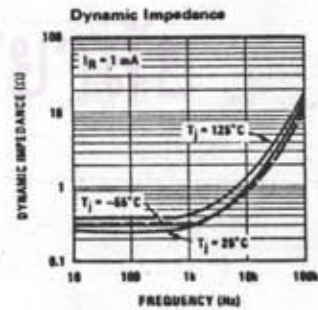
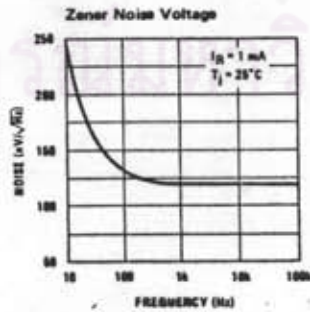
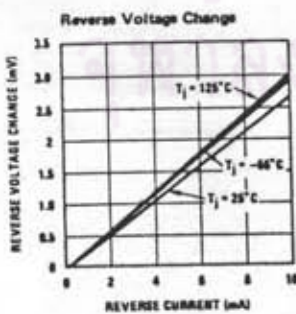
Reverse Current	15 mA
Forward Current	10 mA
Storage Temperature	-60°C to +150°C
Operating Temperature	
LM136	-55°C to +150°C
LM236	-25°C to +85°C
LM336	0°C to +70°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

Electrical Characteristics (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	LM136A/LM236A LM136/LM236			LM336B LM336			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Reverse Breakdown Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$ LM136/LM236/LM336	2.440	2.490	2.540	2.390	2.490	2.590	V
	LM136A/LM236A, LM336B	2.465	2.490	2.515	2.440	2.490	2.540	V
Reverse Breakdown Change With Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $400\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 10\text{ mA}$		2.6	6		2.6	10	mV
Reverse Dynamic Impedance	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$		0.2	0.6		0.2	1	Ω
	V_R Adjusted to 2.490V $I_R = 1\text{ mA}$, (Figure 2)							
Temperature Stability	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$ (LM336)				1.8	6		mV
	$-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$ (LM236)		3.5	9				mV
	$-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ (LM136)		12	18				mV
Reverse Breakdown Change With Current	$400\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 10\text{ mA}$		3	10		3	12	mV
Reverse Dynamic Impedance	$I_R = 1\text{ mA}$		0.4	1		0.4	1.4	Ω
Long Term Stability	$T_A = 25^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$		20			20		ppm

Note 1: Unless otherwise specified, the LM136 is specified from $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$, the LM236 from $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$ and the LM336 from $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$. The maximum junction temperature of the LM136 is 150°C , LM236 is 125°C and the LM336 is 100°C . For elevated junction temperature, devices in the TO-46 package should be derated based on a thermal resistance of 440°C/W junction to ambient or 80°C/W junction to case. For the TO-92 package, the derating is based on 180°C/W junction to ambient with $0.4''$ leads from a PC board and 160°C/W junction to ambient with $0.125''$ lead length to a PC board.

Typical Performance Characteristics





Amplifiers

LH0038/LH0038C

LH0038/LH0038C True Instrumentation Amplifier

General Description

The LH0038/LH0038C is a precision true instrumentation amplifier (TIA) capable of amplifying very low level signals, such as thermocouple and low impedance strain gauge outputs. Precision thin film gain setting resistors are included in the package to allow the user to set the closed-loop gain from 100 to 2000. Since the resistors are of a homogeneous single chip construction, they track almost perfectly so that temperature variations of closed loop gain are virtually eliminated.

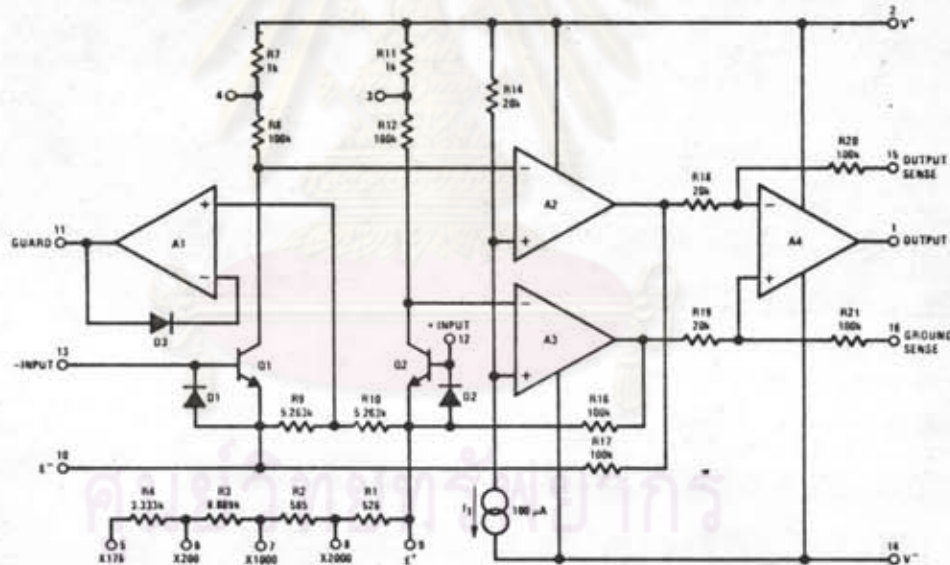
LH0038 exhibits excellent CMRR, PSRR, gain linearity, as well as extremely low input offset voltage, offset voltage drift and input noise voltage.

The devices are provided in a hermetically sealed 16-lead DIP. The LH0038 is guaranteed from -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$; whereas the LH0038C is guaranteed from -25°C to $+85^{\circ}\text{C}$.

Features

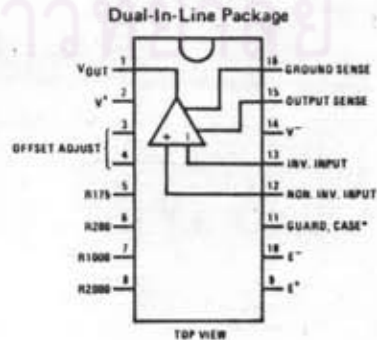
- Ultralow offset voltage $25\ \mu\text{V}$ typ., $100\ \mu\text{V}$ max
- Ultralow offset drift $0.25\ \mu\text{V}/\text{C}$ max
- Ultralow input noise $0.2\ \mu\text{V}/\text{p-p}$
- Pin strap gain options 100, 200, 400, 500, 1k, 2k
- Excellent PSRR and CMRR 120 dB

Simplified Schematic Diagram



Connection Diagram

Order Number LH0038CD or LH0038D
See NS Package D16D



* Guard output is connected to the case.

LH0038/LH0038C

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	±18V
Differential Input Voltage (Note 1)	±1V
Input Voltage	±V _S
Power Dissipation (See Curve)	500 mW
Short Circuit Duration	Continuous
Operating Temperature Range	
LH0038	-55°C to +125°C
LH0038C	-25°C to +85°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 20 seconds)	300°C

DC Electrical Characteristics (Note 2)

PARAMETER	CONDITIONS	LH0038			LH0038C			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V _{IOS} Input Offset Voltage	R _S = 50Ω V _{CM} = 0V		T _A = 25°C				μV	
			25	100	30	150		
ΔV _{IOS} /ΔT Input Offset Voltage Tempco			0.1	0.25	0.2	1.0	μV/°C	
V _{OOS} Output Offset Voltage	R _S = 50Ω V _{CM} = 0V		T _A = 25°C				mV	
			3	10	5	25		
ΔV _{OOS} /ΔT Output Offset Voltage Tempco			25		25		μV/°C	
I _B Input Bias Current	V _{CM} = 0V		T _A = 25°C				nA	
			50	100	50	100		
				200		200		
I _{OS} Input Offset Current			T _A = 25°C				nA	
			2	5	7	10		
ΔI _B /ΔT Input Bias Current Tempco			500		500		pA/°C	
A _{VCL} Closed Loop Gain	Gain Pins Jumped						V/V	
	None		100		100			
	6-10		200		200			
	6-9, 10-5		400		400			
	6-10, 5-9		500		500			
	7-10		1000		1000			
	8-10		2000		2000			
Closed Loop Gain Error	A _{VCL} = 100, 200		0.1	0.3	0.1	0.4	%	
	A _{VCL} = 400, 500		0.2	0.3	0.2	0.6		
	A _{VCL} = 1000		0.3	0.5	0.5	1.0		
	A _{VCL} = 2000		1.0	2.0	1.5	3.0		
Gain Temperature Coefficient	A _{VCL} = 1k		7		7		ppm/°C	
Gain Nonlinearity	100 ≤ A _{VCL} ≤ 2k		1		1		ppm	
V _{INCM} Common-Mode Input Voltage Range		±10	±12		±10	±12	V	
V _O Output Voltage	R _L ≥ 10 kΩ	±10	±12		±10	±12		
V _S Supply Voltage Range		±5		±18	±5	±18		
Guard Voltage Error	-10V < V _{CM} < +10V		±10	±100	±10	±100	mV	

DC Electrical Characteristics (Note 2) (Continued)

PARAMETER	CONDITIONS	LH0038			LH0038C			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
CMRR Common-Mode Rejection Ratio	$V_{IN} = \pm 10V$	$A_{VCL} = 100$	94	110		86	110	dB
		$A_{VCL} = 1000$	114	120		106	110	
PSRR Power Supply Rejection Ratio	$\pm 5V \leq \Delta V_S \leq \pm 15V$	$A_{VCL} = 100$	94	110		94	110	dB
		$A_{VCL} = 1000$	110	120		100	110	
I _{OSC} Output Short Circuit Current	$T_A = 25^\circ C$	± 2	± 5	± 10	± 2	± 5	± 10	mA
I _S Supply Current	$T_A = 25^\circ C$		1.6	2.0		1.6	3.0	
R _{IN DIFF} Input Resistance	$A_{VCL} = 1000, T_A = 25^\circ C$		5			5		M Ω
R _{IN CM} Common-Mode Input Resistance			1			1		G Ω
R _{OUT} Output Resistance			1			1		m Ω

AC Electrical Characteristics $V_S = \pm 15V, T_A = 25^\circ C$

PARAMETER	COMMENT	CONDITIONS	TYP	UNITS	
e_n Equivalent Input Noise Voltage	Figure 1	$R_S = 0, f = 0.1$ to 10 Hz	0.2	μV_{p-p}	
\bar{e}_n Equivalent Input Spot Noise Voltage	Figure 1	$R_S = 100\Omega$	$f = 10$ Hz	6.5	nV/\sqrt{Hz}
			$f = 100$ Hz	6.0	
			$f = 1$ kHz	6.0	
			$f = 10$ kHz	6.0	
BW Large Signal Bandwidth		$V_{OUT} = \pm 10V$	1.6	kHz	
S _r Slew Rate		$V_{OUT} = \pm 10V$	0.3	V/ μs	
t_s Settling Time to 0.01%	Figure 13		20V Step	120	μs
			-10V Step	80	
			+10V Step	60	
t_r Rise Time		$\Delta V_{OUT} = 100$ mV	$A_{VCL} = 100$	6	μs
			$A_{VCL} = 1000$	13	
\bar{i}_n Equivalent Input Spot Noise Current		$R_S = 100$ M Ω	$f = 10$ Hz	0.1	pA/\sqrt{Hz}

Note 1: The inputs are protected by diodes for overvoltage protection. Excessive currents will flow for differential voltages in excess of $\pm 1V$. Input current should be limited to less than 10 mA.

Note 2: Unless otherwise noted these specifications apply for $V_S = \pm 15.0V$, pin 15 connected to pin 1, pin 16 connected to ground, over the temperature range $-55^\circ C$ to $+125^\circ C$ for the LH0038 and $-25^\circ C$ to $+85^\circ C$ for LH0038C.

INTERSIL

ICL7135 Precision 4½ Digit Single Chip A/D Converter

東京 大田区 大田 5-3-3 西沢ビル
大田製作所 電子部 営業課
TEL 03-369-1101

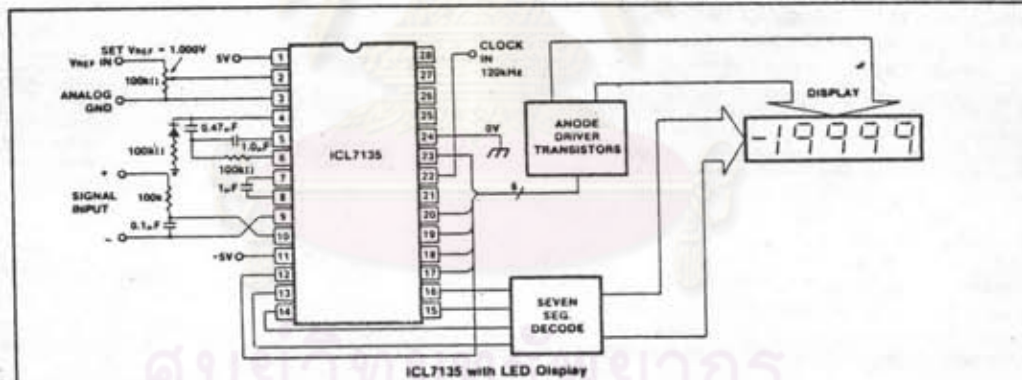
FEATURES

- Accuracy guaranteed to ± 1 count over entire $\pm 20,000$ counts (2,0000 volts full scale)
- Guaranteed zero reading for 0 volts input
- 1 pA typical input current
- True differential input
- True polarity at zero count for precise null detection
- Single reference voltage required
- Over-range and under-range signals available for auto-ranging capability
- All outputs TTL compatible
- Blinking display gives visual indication of over-range
- Six auxiliary inputs/outputs are available for interfacing to UARTs, microprocessors or other complex circuitry
- Multiplexed BCD output versatility

GENERAL DESCRIPTION

The Intersil ICL7135 precision A/D converter, with its multiplexed BCD output and digit drivers, combines dual-slope conversion reliability with ± 1 in 20,000 count accuracy and is ideally suited for the visual display DVM/DPM market. The 2,0000V full scale capability, auto-zero and auto-polarity are combined with true ratiometric operation, almost ideal differential linearity and true differential input. All necessary active devices are contained on a single CMOS I.C., with the exception of display drivers, reference, and a clock.

The Intersil ICL7135 brings together an unprecedented combination of high accuracy, versatility, and true economy. High accuracy like auto-zero to less than $10\mu\text{V}$, zero drift of less than $1\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, input bias current of 10 pA max., and rollover error of less than one count. The versatility of multiplexed BCD outputs is increased by the addition of several pins which allow it to operate in more sophisticated systems. These include STROBE, OVERRANGE, UNDER-RANGE, RUN/HOLD and BUSY lines, making it possible to interface the circuit to a microprocessor or UART.



ORDERING INFORMATION

Part	Package	Temp. Range	Order Part #
7135	28-Pin CERDIP	0°C to +70°C	ICL7135CJI
7135	28-Pin Plastic DIP	0°C to +70°C	ICL7135CPI

PIN CONFIGURATION

Pin	Function
1	V ⁻
2	REFERENCE
3	ANALOG COMMON
4	INT OUT
5	AZ IN
6	BUFF OUT
7	REF. CAP. *
8	REF. CAP. *
9	IN LO
10	IN HI
11	V ⁺
12	(MSD) D5
13	(LSB) D1
14	D2
15	D3
16	D4
17	D5
18	(MSB) D8
19	D7
20	D6
21	BUSY
22	CLOCK IN
23	POL
24	DIGITAL GND
25	R/H
26	STROBE
27	OVERRANGE
28	UNDERRANGE

© Copyright 1980, Intersil, Inc., All Rights Reserved.

インターニックス株式会社
東京都 東京 03-369-1101 新潟 06-364-5971

Preliminary ICL7135 4½ Digit Single Chip A/D Converter

Data Acquisition

ICL7135

INTERSIL

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Dissipation (Note 2)

Ceramic Package	1000 mW
Plastic Package	800 mW

Operating Temperature 0°C to +70°C
 Storage Temperature -65°C to +160°C
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec) 300°C

Supply Voltage V* +6V
V ⁻ -9V
Analog Input Voltage (either input) (Note 1) V* to V ⁻
Reference Input Voltage (either input) V* to V ⁻
Clock Input Gnd to V*

Note 1: Input voltages may exceed the supply voltages provided the input current is limited to +100µA.

Note 2: Dissipation rating assumes device is mounted with all leads soldered to printed circuit board.

*COMMENT: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the devices. This is a stress rating only and functional operation of the devices at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ICL7135 ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Note 1)

V* = +5V, V⁻ = -5V, T_A = 25°C, Clock Frequency Set for 3 Reading/Sec

	CHARACTERISTICS	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
ANALOG	Zero Input Reading		V _{IN} = 0.0V Full Scale = 2.000V	-0.0000	±0.0000	+0.0000	Digital Reading	
	Ratiometric Reading (2)		V _{IN} = V _{REF} Full Scale = 2.000V	+0.9998	+0.9999	+1.0000	Digital Reading	
	Linearity over ± Full Scale (error of reading from best straight line)		-2V ≤ V _{IN} ≤ +2V		0.5	1	Digital Count Error	
	Differential Linearity (difference between worst case step of adjacent counts and ideal step)		-2V ≤ V _{IN} ≤ +2V		.01		LSB	
	Rollover error (Difference in reading for equal positive & negative voltage near full scale)		-V _{IN} = +V _{IN} = 2V		0.5	1	Digital Count Error	
	Noise (P-P value not exceeded 95% of time)	e _n	V _{IN} = 0V Full scale = 2.000V		15		µV	
	Leakage Current at Input	I _{LK}	V _{IN} = 0V		1	10	pA	
(Note 1) (Note 2)	Zero Reading Drift		V _{IN} = 0V 0° ≤ T _A ≤ 70°C		0.5	2	µV/°C	
	Scale Factor Temperature Coefficient (3)	TC	V _{IN} = +2V 0 ≤ T _A ≤ 70°C (ext. ref. 0 ppm/°C)		2	5	ppm/°C	
INPUTS	Clock In, Run/Hold, See Fig. 2	I _{INL} I _{INH}	V _{IN} = 0 V _{IN} = +5V		0.02 0.1	0.1 10	mA µA	
	DIGITAL	All Outputs B ₁ , B ₂ , B ₄ , B ₈ D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ , D ₅ BUSY, STROBE, OVER-RANGE, UNDER-RANGE POLARITY	V _{OL} V _{OH} V _{OH}	I _{OL} = 1.6mA I _{OH} = -1mA I _{OH} = -10µA	2.4	4.2 4.90	0.40	V V V
S		+5V Supply Range	V*		+4	+5	+6	V
U		-5V Supply Range	V ⁻		-3	-5	-8	V
P	+5V Supply Current	I ⁺	I _C = 0		1.1	3.0	mA	
	-5V Supply Current	I ⁻	I _C = 0		0.8	3.0		
L	Power Dissipation Capacitance	C _{PD}	vs. Clock Freq		40		pF	
	Clock	Clock Freq. (Note 4)		DC	2000	1200	kHz	

Note 1: Tested in 4-1/2 digit (20,000 count) circuit shown in Fig. 1, clock frequency 120kHz.

Note 2: Tested with a low dielectric absorption integrating capacitor. See Component Selection Section.

Note 3: The temperature range can be extended to +70°C and beyond as long as the auto-zero and reference capacitors are increased to absorb the higher leakage of the ICL7135.

Note 4: This specification relates to the clock frequency range over which the ICL7135 will correctly perform its various functions. See "Max Clock Frequency" below for limitations on the clock frequency range in a system.



ภาคผนวก ค.

ข้อมูลจากการทดสอบอินดิเคเตอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.-1 ข้อมูลการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์
จุดหลอมของภาคจ่ายไฟป้อนโพลิตเซลล์

TEMP. C	EXCITATION SUPPLY (VOLTS)			
	TEST1 V.	TEST2 V.	TEST3 V.	AVERAGE V.
10	12.049	12.048	12.049	12.0487
15	12.048	12.048	12.048	12.048
20	12.048	12.047	12.048	12.0477
25	12.047	12.047	12.047	12.047
30	12.047	12.046	12.046	12.0463
35	12.046	12.046	12.045	12.0457
40	12.046	12.045	12.045	12.0453
45	12.045	12.045	12.045	12.045
50	12.044	12.044	12.044	12.044
55	12.044	12.044	12.044	12.044
60	12.043	12.043	12.043	12.043

ตารางที่ ค.-2 ข้อมูลและผลการทดสอบหาค่าความไม่เป็นเชิงเส้น
ของวงจรปรับสัญญาณ

INPUT VOLTAGE		OUTPUT VOLTAGE		NON- LINEARITY % F.S.
MILLI- VOLTS	% F.S.	VOLTS	% F.S.	
.00	0	0	0	0
1.00	5.714286	.1112	5.714873	.00059
2.00	11.42857	.2224	11.42975	.00117
3.00	17.14286	.3336	17.14462	.00176
4.00	22.85714	.4447	22.85435	-.0028
5.00	28.57143	.556	28.57437	.00294
6.00	34.28571	.6672	34.28924	.00352
7.00	40	.7783	39.99897	-.0010
8.00	45.71429	.8895	45.71385	-.0004
9.00	51.42857	1.0007	51.42872	.00015
10.00	57.14286	1.1119	57.14359	.00073
11.00	62.85714	1.2231	62.85846	.00132
12.00	68.57143	1.3343	68.57334	.00191
13.00	74.28571	1.4455	74.28821	.00250
14.00	80	1.5567	80.00308	.00308
15.00	85.71429	1.6678	85.71282	-.0015
16.00	91.42857	1.779	91.42769	-.0009
17.00	97.14286	1.8902	97.14256	-.0003
17.50	100	1.9458	100	0

ตารางที่ ค.-3 ข้อมูลการทดสอบผลของอุณหภูมิต่อวงจร
ปรับสัญญาณ

TEMP. C	OUTPUT OF SIGNAL CONDITIONER (MILLIVOLTS)			
	TEST1 V.	TEST2 V.	TEST3 V.	AVERAGE V.
10	.00	.00	.00	.00
15	-.70	-.90	-.80	-.80
20	-1.70	-1.60	-1.70	-1.67
25	-2.60	-2.60	-2.70	-2.63
30	-3.80	-3.70	-3.60	-3.70
35	-5.10	-5.30	-5.00	-5.13
40	-6.40	-6.30	-6.30	-6.33
45	-7.70	-7.60	-7.50	-7.60
50	-9.00	-9.10	-9.00	-9.03
55	-10.60	-10.70	-10.90	-10.73
60	-12.20	-12.00	-12.30	-12.17

ตารางที่ ค.-4 ข้อมูลการทดสอบภาคแฉ่งผลเชิงเลข
โดยเปรียบเทียบกับดิจิตอลมิเตอร์


Hewlett Packard 3465B

STANDARD DC-VOLTAGE V.	DMM READING (HP 3465B) V.	DIGITAL DISPLAY READING V.
.00	0.0000	0.0000
.01	0.0100	0.0100
.10	0.0999	0.0999
.40	0.3779	0.3779
.60	0.6000	0.6000
1.10	1.1001	1.1001
1.20	1.2001	1.2001
1.30	1.3000	1.3000
1.40	1.4000	1.4001
1.50	1.5001	1.5002
1.60	1.6001	1.6002
1.70	1.7001	1.7002
1.80	1.8001	1.8002
1.90	1.9000	1.9001

ตารางที่ ค-5 ข้อมูลการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของภาค
แสดงผลเชิงเลข

TEMP.	DIGITAL DISPLAY READING (VOLTS)			
	TEST1 V.	TEST2 V.	TEST3 V.	AVERAGE V.
10	1.9952	1.9953	1.9954	1.99530
15	1.9954	1.9954	1.9955	1.99543
20	1.9955	1.9956	1.9955	1.99553
25	1.9957	1.9958	1.9958	1.99577
30	1.9960	1.9960	1.9960	1.99600
35	1.9967	1.9966	1.9967	1.99667
40	1.9972	1.9971	1.9970	1.99710
45	1.9978	1.9976	1.9975	1.99763
50	1.9982	1.9980	1.9980	1.99807
55	1.9984	1.9983	1.9984	1.99837
60	1.9988	1.9986	1.9988	1.99873

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ง.

รายละเอียดของเหล็กที่ใช้ทำชิ้นส่วนรับน้ำหนัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ASSAB 705

Constructional steel

APPROX. ANALYSIS, %

C	Cr	Ni	Mo
0.36	1.4	1.4	0.20

NEAREST STANDARDS

AISI/SAE	4337
Werkstoff	6511, 6582
DIN	36 Cr Ni Mo 4, 34 Cr Ni Mo 6
BS	En 24, En 110
AFNOR	35 NCD 6
JIS	SNCM 1
SIS	2541

CHARACTERISTICS

ASSAB 705 is an alloyed constructional steel with good hardenability also in heavier sizes. It combines high strength with best toughness. As standard ASSAB 705 is supplied hardened and tempered (tough hardened) with no further heat treatment required. It can be oil hardened to higher mechanical properties if required. ASSAB 705 is suitable for induction hardening and can also be nitrided or tufftrided to a surface hardness of 600—650 Vickers. ASSAB 705 is not suitable for welding but can with certain precautions be repair welded.

MECHANICAL PROPERTIES AS SUPPLIED

Yield strength, Rp 0.2	min. 685 N/mm ² (70 kg/mm ² 45 TSI)
Tensile strength, Rm	880—1080 N/mm ² (90—110 kg/mm ² , 57—70 TSI)
Elongation, A5	min. 12 %
Reduction of area, Z	min. 45 %
Impact strength, KU	approx. 30 J (6 kgm/cm ²)
Hardness	270—330 Brinell

For sizes over 250 mm Ø (10") only the tensile strength and Brinell hardness is guaranteed.

SIZE RANGE

ASSAB 705 is available in a large number of standard sizes:

6—210 mm Ø	(1/4"—8")	hot rolled bars
20—356 mm Ø	(7/8"—14")	pre-machined bars

ASSAB 718

Pre-hardened tool steel

Approximate analysis %	C 0.35	Si 0.3	Mn 0.7	Cr 1.8	Ni 0.7	Mo 0.3
Standard specification	AISI P20					
Delivery condition	Hardened and tempered to 270—310 HB					

ASSAB 718 is a vacuum-degassed Chromium-Nickel-Molybdenum-alloyed steel which is supplied in the hardened and tempered condition, offering the following benefits:

- No hardening risks
- No hardening costs
- Time saving, e.g. no waiting for heat treatment
- Lower tool cost (e.g. no distortion to rectify, only one polishing sequence)
- Modifications easily carried out
- Can be subsequently nitrided to increase surface wear resistance or locally flame-hardened to reduce surface damage

ASSAB 718 is characterized by

- Good machinability
- High purity and good homogeneity
- Good polishing properties
- Uniform hardness in all dimensions

Heavier sections are supplied pre-machined which offers the following advantages compared to un-machined material:

- Saving of weight
- Non-decarburized surface
- Exact nominal measure (plus tolerance)
- Less machining
- Absence of scale minimizes machine and tool wear

Properties

Physical data

Hardened and tempered to 290 HB.
Data at room and elevated temperatures.

	Temperature		
	20°C (68°F)	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density kg/m ³ lbs/in ³	7800 .282	7750 .280	7700 .277
Coefficient of thermal expansion			
per °C from 20°	—	12.7 × 10 ⁻⁴	13.6 × 10 ⁻⁴
per °F from 68°	—	7.0 × 10 ⁻⁴	7.5 × 10 ⁻⁴
Thermal conductivity			
J/m.s. °C	29.0	29.5	31.0
BTU/ft ² .hr. °F/in	202	205	216
Modulus of elasticity			
Kp/mm ²	20 900	20 400	18 900
N/mm ²	205 000	200 000	185 000
t.s.i.	13 280	12 960	11 990
p.s.i.	29.7 × 10 ⁴	29.0 × 10 ⁴	26.8 × 10 ⁴
Specific heat			
J/kg °C	460	—	—
BTU/lb °F	.110	—	—

Tensile strength

Approx. values. Samples were taken from a round bar (in the rolling direction) 25 mm (1") diameter. Hardness after hardening and tempering: 290 HB.

Testing temperature		Tensile strength Rm		Yield stress Rp0.2		Reduction of area %	Elongation 5 %
°C	°F	N/mm ²	t.s.i.	N/mm ²	t.s.i.		
20	68	950	62	750	48	60	20
200	390	900	58	700	45	63	22
400	750	750	48	580	37	65	25

TEW 6582 (34 CrNiMo 6)

Alloy High Grade Steel

DIN-Mat. No.	1.6582 Chromium Nickel Molybdenum Heat Treatable Steel							
Chemical Composition (in %)	C	Si	Mn	P	S	Cr.	Mo	Ni
	0.30-0.38	0.15-0.40	0.40-0.70	≤0.035	≤0.035	1.40-1.70	0.15-0.30	1.40-1.70
Nearest Standard Specifications	AISI/SAE		4337, 4340					
	AFNOR		35 NCD 6					
	SIS		2541					
	UNI		40 NiCrMo 7					
	BS		EN 24, EN 110					
Application	<p>Crankshafts, steering and gearing parts, driving axles, eccentric shafts.</p> <p>TEW 34 CrNiMo 6 is an alloy high-grade steel with high tensile strength for small and medium sizes.</p> <p>It is supplied in the annealed condition as well as quenched and tempered. If supplied in the latter condition no further heat treatment will be necessary.</p>							

Mechanical Properties
In Quenched and Tempered Condition
(valid for longitudinal specimens 1))

Diameter mm 2)	0.2 Yield Point	Tensile Strength	Elongation	Reduction of area	Impact Energy
	$R_{p0.2}$ N/mm ² min.	R_m N/mm ²	A_5 ($L_0 = 5 d_0$) % min.	Z % min.	K_U J min.
≤ 16	980	1180 - 1380	9	40	41
> 16 - 40	885	1080 - 1280	10	45	48
> 40 - 100	785	980 - 1180	11	50	48
> 100 - 160	685	880 - 1080	12	55	48
> 160 - 250	590	780 - 930	13	55	48

TEW 7225 (42 CrMo 4)

Alloy High Grade Steel

DIN-Mat. No.	1.7225 Chromium – Molybdenum Heat Treatable Steel						
Chemical Composition (in %)	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
	0.38-0.45	0.15-0.40	0.50-0.80	≤0.035	≤0.035	0.90-1.20	0.15-0.30
Nearest Standard Specifications	AISI/SAE			4140			
	BS			708M40, En 19 A			
	AFNOR			42 CD 4			
	SIS			2244			
Application	Axles, axle journals, connecting rods, crankshafts, pinion shafts and the like.						
	TEW 42 CrMo 4 is an alloy high-grade steel with high tensile strength for small and medium sizes.						
	It is supplied in the annealed condition as well as quenched and tempered. If supplied in the latter condition no further heat treatment will be necessary.						

Mechanical Properties

(valid for longitudinal specimens 1))

Diameter	0.2 Yield Point $R_p 0.2$	Tensile Strength R_m	Elongation A_5 ($L_0 = 5d_0$)	Reduction of area Z	Impact Energy K_U
mm	N/mm ² min.	N/mm ²	% min.	% min.	J min.
≥ 16	885	1080 - 1280	10	40	34
> 16 - 40	765	980 - 1180	11	45	41
> 40 - 100	635	880 - 1080	12	50	41
> 100 - 160	560	780 - 930	13	55	41
> 160 - 250	510	740 - 890	14	55	41



ภาคผนวก จ.

ข้อมูลและผลการทดลองบิโพลดเซลล์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.-1 ข้อมูลและผลการทดสอบโหลดเซลล์เบอร์ 1 ด้วยน้ำหนักเต็มขีด 20000 กิโลกรัม

TEST WEIGHT KG.	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)						NORMAL TEST WEIGHT %F.S.	NORMAL OF ELECTRONIC WEIGHTMETER READING(%F.S.)								NON-LIN. %F.S.	HYST. %F.S.	REPEAT. %F.S.
	TEST 1		TEST 2		TEST 3			TEST 1		TEST 2		TEST 3		AVERAGE				
	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.		INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.			
0	0	11	0	6	0	3	.00	.00	.06	.00	.03	.00	.02	.00	.03	.00	-.03	.00
1000	1018	964	1025	984	1024	962	5.00	5.09	4.82	5.13	4.92	5.12	4.81	5.11	4.85	.11	.26	.04
2000	2024	1960	2035	1985	2031	1971	10.00	10.12	9.80	10.18	9.93	10.16	9.86	10.15	9.86	.15	.29	.06
3000	3038	2962	3048	2994	3037	2971	15.00	15.19	14.81	15.25	14.98	15.19	14.86	15.21	14.88	.21	.33	.06
4000	4048	3978	4056	3996	4044	3966	20.00	20.24	19.89	20.29	19.99	20.23	19.84	20.25	19.91	.25	.35	.06
5000	5060	4974	5067	4999	5056	4964	25.00	25.30	24.87	25.35	25.01	25.29	24.83	25.31	24.90	.31	.41	.06
6000	6070	5976	6075	5995	6064	5966	30.00	30.35	29.88	30.39	29.99	30.33	29.84	30.36	29.90	.36	.45	.06
7000	7076	6972	7078	7000	7071	6969	35.00	35.38	34.86	35.41	35.02	35.37	34.86	35.39	34.91	.39	.47	.04
8000	8072	7970	8072	7980	8065	7957	40.00	40.36	39.85	40.38	39.92	40.34	39.80	40.36	39.86	.36	.50	.04
9000	9064	8976	9065	8968	9058	8952	45.00	45.32	44.88	45.35	44.86	45.31	44.78	45.33	44.84	.33	.49	.04
10000	10054	9964	10055	9959	10048	9948	50.00	50.27	49.82	50.30	49.82	50.26	49.76	50.28	49.80	.28	.48	.04
11000	11042	10960	11046	10955	11040	10946	55.00	55.21	54.80	55.26	54.80	55.22	54.75	55.23	54.78	.23	.45	.05
12000	12028	11958	12034	11944	12025	11945	60.00	60.14	59.79	60.20	59.75	60.15	59.75	60.16	59.76	.16	.40	.06
13000	13022	12956	13021	12942	13017	12951	65.00	65.11	64.78	65.14	64.74	65.11	64.78	65.12	64.77	.12	.35	.03
14000	14016	13964	14013	13949	14012	13948	70.00	70.08	69.82	70.10	69.78	70.09	69.77	70.09	69.79	.09	.30	.02
15000	15008	14958	15004	14945	15004	14952	75.00	75.04	74.79	75.06	74.76	75.05	74.79	75.05	74.78	.05	.27	.02
16000	16002	15956	15998	15946	16002	15948	80.00	80.01	79.78	80.03	79.77	80.04	79.77	80.03	79.77	.03	.25	.03
17000	16994	16960	16986	16936	16991	16949	85.00	84.97	84.80	84.97	84.72	84.99	84.78	84.98	84.77	-.02	.21	.02
18000	17990	17946	17983	17929	17989	17943	90.00	89.95	89.73	89.96	89.69	89.98	89.75	89.96	89.72	-.04	.24	.03
19000	18984	18930	18976	18919	18982	18932	95.00	94.92	94.65	94.93	94.64	94.95	94.70	94.93	94.66	-.07	.27	.03
20000	20000	20000	19990	19990	19992	19992	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	.00	.00	.00
REMARK: NORMAL. = NORMALIZED., NONLIN. = NONLINEARITY, HYST. = HYSTERESIS, REPEAT. = REPEATABILITY INCRE. = INCREASING, DECRE. = DECREASING, F.S. = FULL SCALE														MAXIMUM	.39	.50	.06	

ตารางที่ จ.-2 ข้อมูลและผลการทดสอบโหลดเซลล์เบอร์ 2 ด้วยน้ำหนักเต็มขีด 20000 กิโลกรัม

TEST WEIGHT KG.	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)						NORMAL TEST WEIGHT %F.S.	NORMAL OF ELECTRONIC WEIGHTMETER READING(%F.S.)								NON-LIN. %F.S.	HYST. %F.S.	REPEAT. %F.S.
	TEST 1		TEST 2		TEST 3			TEST 1		TEST 2		TEST 3		AVERAGE				
	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.		INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.			
0	0	5	0	15	0	9	.00	.00	.03	.00	.08	.00	.04	.00	.05	.00	-.05	.00
1000	1022	964	1026	972	1026	976	5.00	5.11	4.82	5.13	4.86	5.13	4.88	5.12	4.85	.12	.27	.02
2000	2031	1979	2036	1984	2035	1989	10.00	10.16	9.90	10.18	9.92	10.17	9.94	10.17	9.92	.17	.25	.02
3000	3041	2991	3046	2986	3044	3002	15.00	15.21	14.96	15.23	14.93	15.21	15.00	15.22	14.96	.22	.25	.02
4000	4049	3987	4053	3989	4054	4006	20.00	20.25	19.94	20.27	19.95	20.26	20.02	20.26	19.97	.26	.29	.02
5000	5058	4993	5065	4995	5068	5008	25.00	25.30	24.97	25.33	24.98	25.33	25.03	25.32	24.99	.32	.33	.03
6000	6072	6002	6079	5999	6079	6011	30.00	30.37	30.02	30.40	30.00	30.38	30.04	30.38	30.02	.38	.36	.03
7000	7064	6980	7075	6989	7071	6999	35.00	35.33	34.91	35.38	34.95	35.34	34.98	35.35	34.95	.35	.40	.05
8000	8056	7976	8071	7975	8062	7976	40.00	40.29	39.89	40.36	39.88	40.29	39.86	40.31	39.88	.31	.44	.07
9000	9049	8955	9059	8959	9054	8960	45.00	45.26	44.79	45.30	44.80	45.25	44.78	45.27	44.79	.27	.48	.05
10000	10045	9947	10052	9961	10051	9955	50.00	50.24	49.75	50.27	49.81	50.23	49.75	50.25	49.77	.25	.47	.04
11000	11037	10931	11044	10950	11045	10957	55.00	55.20	54.67	55.23	54.76	55.20	54.76	55.21	54.73	.21	.48	.03
12000	12032	11932	12038	11954	12038	11950	60.00	60.18	59.68	60.20	59.78	60.16	59.72	60.18	59.73	.18	.45	.04
13000	13026	12936	13030	12958	13033	12953	65.00	65.15	64.70	65.16	64.80	65.13	64.73	65.15	64.74	.15	.40	.03
14000	14020	13928	14026	13960	14027	13955	70.00	70.12	69.66	70.14	69.81	70.10	69.74	70.12	69.74	.12	.38	.04
15000	15011	14932	15018	14964	15025	14961	75.00	75.08	74.68	75.10	74.83	75.09	74.77	75.09	74.76	.09	.33	.02
16000	16005	15935	16012	15956	16018	15958	80.00	80.05	79.70	80.07	79.79	80.05	79.75	80.06	79.75	.06	.31	.02
17000	17001	16937	17003	16957	17010	16964	85.00	85.03	84.71	85.03	84.80	85.01	84.78	85.02	84.76	.02	.26	.02
18000	17993	17939	17997	17961	18003	17971	90.00	89.99	89.72	90.00	89.82	89.97	89.81	89.99	89.78	-.01	.20	.03
19000	18988	18942	18989	18945	18997	18951	95.00	94.97	94.74	94.96	94.74	94.94	94.71	94.96	94.73	-.04	.23	.03
20000	19994	19994	19997	19997	20010	20010	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	.00	.00	.00
REMARK: NORMAL. =NORMALIZED , NONLIN. = NONLINEARITY , HYST. = HYSTERESIS , REPEAT. =REPEATABILITY INCRE. = INCREASING , DECRE. = DECREASING , F.S.= FULL SCALE														MAXIMUM	.38	.48	.07	



ตารางที่ จ.-3 ข้อมูลและผลการทดสอบโหลดเซลล์เบอร์ 3 ด้วยน้ำหนักเต็มกีด 20000 กิโลกรัม

TEST WEIGHT KG.	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)						NORMAL TEST WEIGHT %F.S.	NORMAL OF ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (%F.S.)								NON-LIN. %F.S.	HYST. %F.S.	REPEAT. %F.S.
	TEST 1		TEST 2		TEST 3			TEST 1	TEST 2	TEST 3	AVERAGE							
	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.					INCRE.	DECRE.						
0	0	8	0	13	0	10	.00	.00	.04	.00	.07	.00	.05	.00	.05	.00	-.05	.00
1000	1028	978	1025	986	1032	976	5.00	5.14	4.89	5.13	4.93	5.16	4.88	5.14	4.90	.14	.24	.03
2000	2036	1994	2031	1979	2038	1988	10.00	10.18	9.97	10.16	9.90	10.19	9.94	10.18	9.94	.18	.24	.03
3000	3042	3002	3038	2989	3048	2990	15.00	15.21	15.01	15.20	14.95	15.24	14.95	15.22	14.97	.22	.25	.04
4000	4048	4018	4042	3980	4054	4002	20.00	20.24	20.09	20.22	19.91	20.27	20.01	20.24	20.00	.24	.24	.05
5000	5056	4998	5045	4966	5061	5014	25.00	25.28	24.99	25.24	24.84	25.31	25.07	25.28	24.97	.28	.31	.07
6000	6060	6004	6051	5965	6071	6007	30.00	30.30	30.02	30.27	29.84	30.36	30.04	30.31	29.97	.31	.34	.09
7000	7066	6996	7058	6961	7073	6997	35.00	35.33	34.98	35.31	34.82	35.37	34.99	35.34	34.93	.34	.41	.06
8000	8074	7992	8064	7970	8071	7987	40.00	40.37	39.96	40.34	39.87	40.36	39.94	40.36	39.92	.36	.43	.03
9000	9070	8976	9063	8984	9065	8985	45.00	45.35	44.88	45.34	44.94	45.33	44.93	45.34	44.92	.34	.42	.02
10000	10068	9982	10055	9965	10057	9969	50.00	50.34	49.91	50.30	49.85	50.29	49.85	50.31	49.87	.31	.44	.05
11000	11058	10988	11046	10969	11051	10967	55.00	55.29	54.94	55.26	54.87	55.26	54.84	55.27	54.88	.27	.39	.03
12000	12050	11986	12040	11972	12043	11969	60.00	60.25	59.93	60.23	59.89	60.22	59.85	60.23	59.89	.23	.34	.03
13000	13040	12990	13033	12976	13035	12975	65.00	65.20	64.95	65.20	64.91	65.18	64.88	65.19	64.91	.19	.28	.02
14000	14028	13970	14023	13959	14029	13967	70.00	70.14	69.85	70.15	69.83	70.15	69.84	70.15	69.84	.15	.31	.01
15000	15016	14964	15012	14957	15018	14969	75.00	75.08	74.82	75.10	74.82	75.10	74.85	75.09	74.83	.09	.26	.02
16000	16008	15966	16000	15942	16008	15962	80.00	80.04	79.83	80.04	79.75	80.05	79.82	80.04	79.80	.04	.24	.01
17000	17000	16960	16993	16944	17002	16964	85.00	85.00	84.80	85.01	84.76	85.02	84.83	85.01	84.80	.01	.21	.02
18000	17994	17964	17987	17947	17992	17950	90.00	89.97	89.82	89.98	89.78	89.97	89.76	89.97	89.79	-.03	.19	.01
19000	18988	18950	18981	18935	18992	18958	95.00	94.94	94.75	94.95	94.72	94.97	94.80	94.95	94.76	-.05	.20	.03
20000	20000	20000	19990	19990	19998	19998	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	.00	.00	.00
															MAXIMUM	.36	.44	.09

REMARK: NORMAL. = NORMALIZED, NONLIN. = NONLINEARITY, HYST. = HYSTERESIS, REPEATABILITY
INCRE. = INCREASING, DECRE. = DECREASING, F.S. = FULL SCALE

ตารางที่ จ.-4 ข้อมูลและผลการทดสอบโหลดเซลล์เบอร์ 4 ด้วยน้ำหนักเต็มขีด 20000 กิโลกรัม

TEST WEIGHT KG.	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)						NORMAL TEST WEIGHT %F.S.	NORMAL OF ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (%F.S.)								NON-LIN. %F.S.	HYST. %F.S.	REPEAT. %F.S.
	TEST 1		TEST 2		TEST 3			TEST 1	TEST 2	TEST 3	AVERAGE							
	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.					INCRE.	DECRE.						
0	0	10	0	12	0	7	.00	.00	.05	.00	.06	.00	.04	.00	.05	.00	-.05	.00
1000	1022	968	1030	982	1018	966	5.00	5.11	4.84	5.15	4.91	5.09	4.83	5.12	4.86	.12	.26	.06
2000	2026	1974	2036	1980	2023	1969	10.00	10.13	9.87	10.18	9.90	10.12	9.85	10.14	9.87	.14	.27	.06
3000	3032	2972	3036	2976	3027	2965	15.00	15.16	14.86	15.18	14.88	15.14	14.83	15.16	14.86	.16	.30	.04
4000	4034	3964	4042	3970	4032	3962	20.00	20.17	19.82	20.21	19.85	20.17	19.82	20.18	19.83	.18	.35	.04
5000	5040	4966	5047	4965	5038	4964	25.00	25.20	24.83	25.24	24.83	25.20	24.83	25.21	24.83	.21	.38	.04
6000	6046	5962	6055	5969	6045	5963	30.00	30.23	29.81	30.28	29.85	30.24	29.83	30.25	29.83	.25	.42	.05
7000	7050	6962	7061	6967	7047	6961	35.00	35.25	34.81	35.31	34.84	35.25	34.82	35.27	34.82	.27	.45	.06
8000	8054	7968	8069	7975	8054	7964	40.00	40.27	39.84	40.35	39.88	40.29	39.84	40.30	39.85	.30	.45	.08
9000	9064	8984	9071	8981	9062	8974	45.00	45.32	44.92	45.36	44.91	45.33	44.89	45.34	44.91	.34	.43	.04
10000	10070	9998	10067	9987	10067	9988	50.00	50.35	49.99	50.34	49.94	50.36	49.96	50.35	49.96	.35	.39	.02
11000	11066	10990	11059	10987	11059	10989	55.00	55.33	54.95	55.30	54.94	55.32	54.97	55.32	54.95	.32	.36	.03
12000	12058	11992	12051	11977	12049	11983	60.00	60.29	59.96	60.26	59.89	60.27	59.94	60.27	59.93	.27	.34	.03
13000	13048	12988	13043	12979	13036	12976	65.00	65.24	64.94	65.22	64.90	65.21	64.91	65.22	64.92	.22	.31	.03
14000	14036	13980	14033	13973	14024	13966	70.00	70.18	69.90	70.17	69.87	70.15	69.86	70.17	69.88	.17	.29	.03
15000	15032	14980	15022	14973	15015	14963	75.00	75.16	74.90	75.12	74.87	75.11	74.85	75.13	74.87	.13	.26	.05
16000	16018	15972	16014	15964	16009	15961	80.00	80.09	79.86	80.08	79.83	80.08	79.84	80.08	79.84	.08	.24	.01
17000	17012	16978	17010	16966	17006	16964	85.00	85.06	84.89	85.06	84.84	85.07	84.86	85.06	84.86	.06	.20	.01
18000	18002	17964	18002	17956	17998	17952	90.00	90.01	89.82	90.02	89.79	90.03	89.80	90.02	89.80	.02	.22	.02
19000	18994	18950	18996	18954	18989	18941	95.00	94.97	94.75	94.99	94.78	94.99	94.75	94.98	94.76	-.02	.22	.02
20000	20000	20000	19998	19998	19991	19991	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	.00	.00	.00
REMARK: NORMAL. = NORMALIZED, NONLIN. = NONLINEARITY, HYST. = HYSTERESIS, REPEAT. = REPEATABILITY INCRE. = INCREASING, DECRE. = DECREASING, F.S. = FULL SCALE														MAXIMUM	.35	.45	.08	

ตารางที่ จ.-5 ข้อมูลและผลการทดสอบโหลดเซลล์ขนานกัน 4 อัน ด้วยน้ำหนักเต็มขีด 20000 กิโลกรัม

TEST WEIGHT KG.	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)						NORMAL TEST WEIGHT %F.S.	NORMAL OF ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (%F.S.)								NON-LIN. %F.S.	HYST. %F.S.	REPEAT. %F.S.
	TEST 1		TEST 2		TEST 3			TEST 1		TEST 2		TEST 3		AVERAGE				
	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.		INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.			
0	0	15	0	13	0	10	.00	.00	.07	.00	.07	.00	.05	.00	.06	.00	-.06	.00
1000	1025	969	1014	960	1028	968	5.00	5.12	4.84	5.07	4.80	5.14	4.84	5.11	4.83	.11	.28	.07
2000	2033	1971	2025	1959	2036	1964	10.00	10.16	9.85	10.13	9.80	10.18	9.82	10.16	9.82	.16	.33	.05
3000	3040	2970	3035	2965	3044	2974	15.00	15.19	14.84	15.18	14.83	15.22	14.87	15.20	14.85	.20	.35	.04
4000	4050	3976	4036	3962	4056	3976	20.00	20.24	19.87	20.19	19.82	20.28	19.88	20.24	19.86	.24	.38	.09
5000	5059	4974	5042	4974	5060	4972	25.00	25.28	24.86	25.22	24.88	25.30	24.86	25.27	24.87	.27	.40	.08
6000	6069	5989	6062	5984	6070	5978	30.00	30.33	29.93	30.32	29.93	30.35	29.89	30.33	29.92	.33	.42	.03
7000	7052	6992	7047	6965	7060	6962	35.00	35.24	34.94	35.25	34.84	35.30	34.81	35.26	34.86	.26	.40	.06
8000	8042	7954	8041	7953	8052	7956	40.00	40.19	39.75	40.22	39.78	40.26	39.78	40.22	39.77	.22	.45	.07
9000	9036	8942	9032	8942	9040	8940	45.00	45.16	44.69	45.18	44.73	45.20	44.70	45.18	44.71	.18	.47	.04
10000	10029	9943	10026	9940	10032	9948	50.00	50.12	49.69	50.15	49.72	50.16	49.74	50.14	49.72	.14	.43	.04
11000	11026	10942	11018	10938	11026	10944	55.00	55.10	54.68	55.11	54.71	55.13	54.72	55.11	54.70	.11	.41	.03
12000	12018	11938	12013	11943	12020	11944	60.00	60.06	59.66	60.09	59.74	60.10	59.72	60.08	59.71	.08	.38	.04
13000	13013	12939	13009	12939	13004	12936	65.00	65.03	64.66	65.07	64.72	65.02	64.68	65.04	64.69	.04	.35	.05
14000	14009	13943	14002	13938	14000	13930	70.00	70.01	69.68	70.04	69.72	70.00	69.65	70.02	69.68	.02	.33	.04
15000	15010	14939	14998	14942	15010	14950	75.00	75.01	74.66	75.02	74.74	75.05	74.75	75.03	74.72	.03	.31	.04
16000	16006	15946	15994	15946	15996	15940	80.00	79.99	79.69	80.00	79.76	79.98	79.70	79.99	79.72	-.01	.27	.02
17000	17003	16947	16989	16936	16990	16932	85.00	84.97	84.69	84.98	84.71	84.95	84.66	84.97	84.69	-.03	.28	.03
18000	18001	17951	17987	17937	17988	17936	90.00	89.96	89.71	89.97	89.72	89.94	89.68	89.96	89.70	-.04	.25	.03
19000	18996	18944	18982	18938	18992	18944	95.00	94.93	94.67	94.95	94.73	94.96	94.72	94.95	94.71	-.05	.24	.03
20000	20010	20010	19992	19992	20000	20000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	.00	.00	.00
															MAXIMUM	.33	.47	.09

REMARK: NORMAL. = NORMALIZED, NONLIN. = NONLINEARITY, HYST. = HYSTERESIS, REPEAT. = REPEATABILITY
 INCRE. = INCREASING, DECRE. = DECREASING, F.S. = FULL SCALE

ตารางที่ จ.-6 ข้อมูลและผลการทดสอบโหลดเซลล์หือ KYOWA ค่ายน้ำหนักเต็มขีด 2000 กิโลกรัม

TEST WEIGHT KG.	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)						NORMAL TEST WEIGHT %F.S.	NORMAL OF ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (%F.S.)								NON-LIN. %F.S.	HYST. %F.S.	REPEAT. %F.S.
	TEST 1		TEST 2		TEST 3			TEST 1		TEST 2		TEST 3		AVERAGE				
	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.		INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.			
0	0	3	0	5	0	6	.00	.00	.02	.00	.03	.00	.03	.00	.02	.00	-.02	.00
1000	1020	972	1026	976	1024	970	5.00	5.10	4.86	5.13	4.88	5.12	4.85	5.12	4.86	.12	.25	.03
2000	2028	1972	2034	1978	2029	1971	10.00	10.14	9.86	10.17	9.89	10.15	9.86	10.15	9.87	.15	.28	.03
3000	3034	2974	3039	2980	3037	2973	15.00	15.17	14.87	15.20	14.90	15.19	14.87	15.19	14.88	.19	.31	.03
4000	4042	3970	4047	3975	4047	3973	20.00	20.21	19.85	20.24	19.88	20.24	19.87	20.23	19.87	.23	.36	.03
5000	5052	4974	5055	4971	5052	4970	25.00	25.26	24.87	25.28	24.86	25.27	24.86	25.27	24.86	.27	.41	.02
6000	6060	5980	6061	5973	6058	5966	30.00	30.30	29.90	30.31	29.87	30.30	29.84	30.30	29.87	.30	.43	.01
7000	7070	6986	7069	6979	7066	6980	35.00	35.35	34.93	35.35	34.90	35.34	34.91	35.35	34.91	.35	.43	.01
8000	8074	7978	8075	7981	8074	7976	40.00	40.37	39.89	40.38	39.91	40.38	39.89	40.38	39.90	.38	.48	.01
9000	9068	8968	9065	8961	9065	8963	45.00	45.34	44.84	45.33	44.81	45.34	44.83	45.34	44.83	.34	.51	.01
10000	10058	9958	10058	9951	10057	9951	50.00	50.29	49.79	50.30	49.76	50.30	49.77	50.30	49.77	.30	.52	.01
11000	11050	10954	11046	10940	11049	10945	55.00	55.25	54.77	55.24	54.71	55.26	54.74	55.25	54.74	.25	.51	.02
12000	12040	11946	12032	11932	12038	11938	60.00	60.20	59.73	60.17	59.67	60.21	59.71	60.19	59.70	.19	.49	.04
13000	13034	12948	13020	12930	13030	12942	65.00	65.17	64.74	65.11	64.66	65.17	64.73	65.15	64.71	.15	.44	.06
14000	14024	13950	14008	13926	14024	13948	70.00	70.12	69.75	70.05	69.64	70.14	69.76	70.10	69.72	.10	.39	.09
15000	15016	14938	15002	14926	15015	14950	75.00	75.08	74.69	75.02	74.64	75.10	74.77	75.07	74.70	.07	.37	.08
16000	16010	15942	15996	15928	16009	15949	80.00	80.05	79.71	79.99	79.65	80.07	79.77	80.04	79.71	.04	.33	.08
17000	17002	16942	16989	16933	17003	16935	85.00	85.01	84.71	84.96	84.68	85.04	84.70	85.00	84.70	.00	.31	.08
18000	17996	17944	17983	17937	17995	17931	90.00	89.98	89.72	89.93	89.70	90.00	89.68	89.97	89.70	-.03	.27	.07
19000	18984	18938	18979	18945	18988	18938	95.00	94.92	94.69	94.91	94.74	94.97	94.72	94.93	94.72	-.07	.22	.06
20000	20000	20000	19997	19997	19994	19994	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	.00	.00	.00
REMARK: NORMAL. = NORMALIZED, NONLIN. = NONLINEARITY, HYST. = HYSTERESIS, REPEAT. = REPEATABILITY INCRE. = INCREASING, DECRE. = DECREASING, F.S. = FULL SCALE														MAXIMUM	.38	.52	.09	

ตารางที่ จ.-7 ข้อมูลและผลการทดสอบโหลดเซลล์เบอร์ 1 ด้วยน้ำหนักเต็มขีด 5000 กิโลกรัม

TEST WEIGHT KG.	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)						NORMAL TEST WEIGHT %F.S.	NORMAL OF ELECTRONIC WEIGHTMETER READING(%F.S.)								NON-LIN. %F.S.	HYST. %F.S.	REPEAT. %F.S.
	TEST 1		TEST 2		TEST 3			TEST 1		TEST 2		TEST 3		AVERAGE				
	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.		INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.			
0	0	0	0	1	0	2	.00	.00	.00	.00	.02	.00	.04	.00	.02	.00	-.02	.00
250	254	245	255	247	256	248	5.00	5.09	4.90	5.11	4.95	5.13	4.97	5.11	4.94	.11	.17	.04
500	505	497	506	496	506	497	10.00	10.11	9.95	10.14	9.94	10.14	9.96	10.13	9.95	.13	.18	.03
750	756	746	755	744	757	748	15.00	15.14	14.93	15.13	14.91	15.17	14.99	15.14	14.94	.14	.20	.04
1000	1008	995	1007	995	1008	998	20.00	20.18	19.92	20.18	19.94	20.20	20.00	20.19	19.95	.19	.23	.02
1250	1259	1246	1259	1245	1260	1248	25.00	25.21	24.94	25.23	24.95	25.25	25.01	25.23	24.97	.23	.26	.04
1500	1513	1498	1511	1496	1511	1497	30.00	30.29	29.99	30.28	29.98	30.27	29.99	30.28	29.99	.28	.29	.02
1750	1763	1748	1762	1746	1763	1750	35.00	35.30	34.99	35.31	34.99	35.32	35.06	35.31	35.02	.31	.29	.03
2000	2015	1998	2010	1993	2012	1999	40.00	40.34	40.00	40.28	39.94	40.31	40.05	40.31	40.00	.31	.31	.06
2250	2262	2246	2258	2241	2260	2245	45.00	45.29	44.96	45.25	44.91	45.28	44.98	45.27	44.95	.27	.32	.03
2500	2510	2496	2506	2491	2508	2492	50.00	50.25	49.97	50.22	49.92	50.25	49.93	50.24	49.94	.24	.30	.03
2750	2758	2744	2754	2740	2756	2741	55.00	55.22	54.93	55.19	54.91	55.22	54.92	55.21	54.92	.21	.29	.03
3000	3005	2992	3002	2990	3005	2991	60.00	60.16	59.90	60.16	59.92	60.21	59.93	60.18	59.92	.18	.26	.05
3250	3252	3241	3249	3238	3253	3241	65.00	65.11	64.88	65.11	64.89	65.18	64.94	65.13	64.90	.13	.23	.07
3500	3501	3490	3498	3487	3502	3490	70.00	70.09	69.87	70.10	69.88	70.17	69.93	70.12	69.89	.12	.23	.08
3750	3750	3740	3747	3739	3749	3738	75.00	75.08	74.87	75.09	74.93	75.12	74.89	75.09	74.90	.09	.19	.04
4000	3998	3989	3994	3985	3998	3989	80.00	80.04	79.86	80.04	79.86	80.10	79.92	80.06	79.88	.06	.18	.06
4250	4247	4241	4242	4235	4245	4237	85.00	85.03	84.90	85.01	84.87	85.05	84.89	85.03	84.89	.03	.14	.04
4500	4495	4486	4490	4482	4492	4483	90.00	89.99	89.81	89.98	89.82	90.00	89.82	89.99	89.82	-.01	.17	.02
4750	4743	4735	4738	4732	4740	4733	95.00	94.95	94.79	94.95	94.83	94.97	94.83	94.96	94.82	-.04	.14	.02
5000	4995	4995	4990	4990	4991	4991	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	.00	.00	.00
														MAXIMUM	.31	.32	.08	

ตารางที่ ๑-8 ข้อมูลและผลการทดสอบโหลดเซลล์เบอร์ 2 ด้วยน้ำหนักเต็มขีด 5000 กิโลกรัม

TEST WEIGHT KG.	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)						NORMAL TEST WEIGHT %F.S.	NORMAL OF ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (%F.S.)								NON-LIN. %F.S.	HYST. %F.S.	REPEAT. %F.S.
	TEST 1		TEST 2		TEST 3			TEST 1		TEST 2		TEST 3		AVERAGE				
	INCR.	DECR.	INCR.	DECR.	INCR.	DECR.		INCR.	DECR.	INCR.	DECR.	INCR.	DECR.	INCR.	DECR.			
0	0	1	0	1	0	-1	.00	.00	.02	.00	.02	.00	-.02	.00	.01	.00	-.01	.00
250	257	249	256	247	255	246	5.00	5.14	4.98	5.12	4.94	5.10	4.92	5.12	4.95	.12	.17	.05
500	506	497	507	498	507	499	10.00	10.12	9.94	10.15	9.97	10.13	9.97	10.13	9.96	.13	.17	.03
750	759	749	760	749	761	753	15.00	15.18	14.98	15.21	14.99	15.21	15.05	15.20	15.01	.20	.19	.03
1000	1012	1000	1012	1001	1013	1004	20.00	20.24	20.00	20.26	20.04	20.24	20.06	20.25	20.03	.25	.21	.01
1250	1263	1251	1263	1250	1265	1253	25.00	25.27	25.03	25.28	25.02	25.28	25.04	25.28	25.03	.28	.25	.02
1500	1515	1501	1516	1501	1516	1504	30.00	30.31	30.03	30.34	30.04	30.30	30.06	30.32	30.04	.32	.27	.05
1750	1764	1749	1763	1749	1765	1752	35.00	35.29	34.99	35.29	35.01	35.27	35.01	35.28	35.00	.28	.28	.02
2000	2011	1995	2011	1995	2012	1999	40.00	40.23	39.91	40.25	39.93	40.21	39.95	40.23	39.93	.23	.30	.04
2250	2259	2244	2261	2246	2260	2245	45.00	45.19	44.89	45.26	44.96	45.16	44.86	45.20	44.90	.20	.30	.09
2500	2506	2491	2508	2495	2507	2493	50.00	50.13	49.83	50.20	49.94	50.10	49.82	50.14	49.86	.14	.28	.10
2750	2755	2742	2756	2744	2756	2743	55.00	55.11	54.85	55.16	54.92	55.08	54.82	55.12	54.86	.12	.25	.09
3000	3003	2990	3004	2994	3007	2995	60.00	60.07	59.81	60.13	59.93	60.09	59.85	60.10	59.86	.10	.23	.06
3250	3253	3242	3252	3240	3256	3246	65.00	65.07	64.85	65.09	64.85	65.07	64.87	65.08	64.86	.08	.22	.02
3500	3502	3493	3500	3491	3505	3496	70.00	70.05	69.87	70.06	69.88	70.04	69.86	70.05	69.87	.05	.18	.01
3750	3750	3742	3750	3742	3754	3745	75.00	75.02	74.85	75.06	74.90	75.02	74.84	75.03	74.87	.03	.17	.05
4000	4000	3991	3999	3991	4003	3995	80.00	80.02	79.84	80.04	79.88	80.00	79.84	80.02	79.85	.02	.17	.05
4250	4248	4240	4246	4240	4254	4247	85.00	84.98	84.82	84.99	84.87	85.01	84.87	84.99	84.85	-.01	.14	.03
4500	4497	4488	4497	4490	4502	4494	90.00	89.96	89.78	90.01	89.87	89.97	89.81	89.98	89.82	-.02	.16	.05
4750	4746	4738	4745	4738	4751	4743	95.00	94.94	94.78	94.98	94.84	94.94	94.78	94.95	94.80	-.05	.15	.04
5000	4999	4999	4996	4996	5004	5004	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	.00	.00	.00
														MAXIMUM	.32	.30	.10	

ตารางที่ ๑-9 ข้อมูลและผลการทดสอบโหลดเซลล์เบอร์ 3 ด้วยน้ำหนักเต็มขีด 5000 กิโลกรัม

TEST WEIGHT KG.	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)						NORMAL TEST WEIGHT %F.S.	NORMAL OF ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (%F.S.)								NON-LIN. %F.S.	HYST. %F.S.	REPEAT. %F.S.
	TEST 1		TEST 2		TEST 3			TEST 1		TEST 2		TEST 3		AVERAGE				
	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.		INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.			
0	0	-1	0	1	0	0	.00	.00	-.02	.00	.02	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
250	252	244	254	247	253	245	5.00	5.04	4.88	5.07	4.93	5.06	4.90	5.06	4.90	.06	.15	.03
500	502	493	505	496	505	496	10.00	10.04	9.86	10.08	9.90	10.09	9.91	10.07	9.89	.07	.18	.06
750	755	745	759	747	759	749	15.00	15.10	14.90	15.16	14.92	15.17	14.97	15.14	14.93	.14	.21	.07
1000	1007	996	1011	999	1009	999	20.00	20.14	19.92	20.19	19.95	20.17	19.97	20.16	19.94	.16	.22	.05
1250	1260	1247	1259	1244	1261	1249	25.00	25.19	24.94	25.14	24.84	25.20	24.97	25.18	24.91	.18	.27	.07
1500	1512	1497	1510	1495	1512	1501	30.00	30.23	29.93	30.15	29.85	30.22	30.00	30.20	29.93	.20	.27	.08
1750	1763	1748	1763	1748	1762	1748	35.00	35.25	34.95	35.20	34.90	35.22	34.94	35.23	34.93	.23	.29	.05
2000	2015	1997	2015	1999	2016	2000	40.00	40.29	39.93	40.24	39.92	40.30	39.98	40.27	39.94	.27	.33	.06
2250	2264	2247	2267	2251	2266	2251	45.00	45.27	44.93	45.27	44.95	45.29	44.99	45.28	44.96	.28	.32	.03
2500	2517	2501	2519	2504	2518	2501	50.00	50.33	50.01	50.30	50.00	50.33	49.99	50.32	50.00	.32	.32	.03
2750	2765	2748	2769	2756	2768	2750	55.00	55.29	54.95	55.29	55.03	55.33	54.97	55.30	54.98	.30	.32	.04
3000	3012	2997	3017	3005	3016	3002	60.00	60.23	59.93	60.24	60.00	60.28	60.00	60.25	59.98	.25	.27	.06
3250	3260	3246	3264	3254	3262	3249	65.00	65.19	64.91	65.18	64.98	65.20	64.94	65.19	64.94	.19	.25	.03
3500	3508	3495	3512	3502	3509	3498	70.00	70.15	69.89	70.13	69.93	70.14	69.92	70.14	69.91	.14	.23	.02
3750	3756	3746	3760	3751	3756	3745	75.00	75.10	74.91	75.08	74.90	75.07	74.86	75.09	74.89	.09	.20	.03
4000	4002	3993	4007	3999	4005	3996	80.00	80.02	79.84	80.01	79.85	80.05	79.87	80.03	79.86	.03	.17	.04
4250	4250	4242	4254	4247	4253	4246	85.00	84.98	84.82	84.94	84.80	85.01	84.87	84.98	84.83	-.02	.15	.06
4500	4500	4493	4505	4498	4501	4493	90.00	89.98	89.84	89.96	89.82	89.97	89.81	89.97	89.82	-.03	.15	.03
4750	4748	4747	4754	4746	4748	4740	95.00	94.94	94.92	94.93	94.77	94.90	94.74	94.92	94.81	-.08	.11	.04
5000	5001	5001	5008	5008	5003	5003	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	.00	.00	.00
														MAXIMUM	.32	.33	.08	

ตารางที่ ๑-10 ข้อมูลและผลการทดสอบโหลดเซลล์เบอร์ 4 ด้วยน้ำหนักเต็มขีด 5000 กิโลกรัม

TEST WEIGHT KG.	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)						NORMAL TEST WEIGHT I.F.S.	NORMAL OF ELECTRONIC WEIGHTMETER READINGS (I.F.S.)								NON-LIN. I.F.S.	HYST. I.F.S.	RE-PEAT. I.F.S.	
	TEST 1		TEST 2		TEST 3			TEST 1		TEST 2		TEST 3		AVERAGE					
	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.		INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.				
0	0	1	0	1	0	0	.00	.00	.02	.00	.02	.00	.00	.00	.01	.00	-.01	.00	
250	254	246	256	249	255	247	5.00	5.08	4.92	5.13	4.98	5.10	4.94	5.10	4.95	.10	.15	.05	
500	506	496	507	500	506	498	10.00	10.11	9.91	10.15	10.01	10.12	9.96	10.13	9.96	.13	.17	.04	
750	757	747	755	746	758	749	15.00	15.13	14.93	15.12	14.93	15.17	14.99	15.14	14.95	.14	.19	.05	
1000	1009	998	1006	995	1009	998	20.00	20.17	19.95	20.14	19.92	20.19	19.97	20.17	19.95	.17	.22	.05	
1250	1259	1245	1258	1248	1258	1248	25.00	25.16	24.89	25.19	24.98	25.17	24.97	25.17	24.95	.17	.23	.02	
1500	1511	1497	1510	1497	1512	1500	30.00	30.20	29.92	30.23	29.97	30.25	30.01	30.23	29.97	.23	.26	.05	
1750	1762	1747	1761	1747	1762	1750	35.00	35.22	34.92	35.26	34.97	35.25	35.01	35.24	34.97	.24	.27	.04	
2000	2015	2001	2012	1998	2014	2001	40.00	40.28	40.00	40.28	40.00	40.30	40.04	40.28	40.01	.28	.27	.02	
2250	2264	2251	2262	2250	2264	2252	45.00	45.25	44.99	45.29	45.05	45.30	45.06	45.28	45.03	.28	.25	.05	
2500	2512	2498	2509	2496	2513	2503	50.00	50.21	49.93	50.23	49.97	50.28	50.08	50.24	49.99	.24	.25	.07	
2750	2761	2749	2756	2745	2759	2747	55.00	55.19	54.95	55.18	54.95	55.20	54.96	55.19	54.95	.19	.23	.03	
3000	3012	3001	3006	2995	3007	2997	60.00	60.20	59.98	60.18	59.96	60.16	59.96	60.18	59.97	.18	.21	.04	
3250	3259	3249	3252	3242	3255	3246	65.00	65.14	64.94	65.11	64.90	65.13	64.95	65.12	64.93	.12	.19	.04	
3500	3511	3501	3504	3495	3503	3494	70.00	70.18	69.98	70.15	69.97	70.09	69.91	70.14	69.95	.14	.19	.09	
3750	3760	3751	3753	3745	3752	3749	75.00	75.15	74.98	75.14	74.97	75.07	75.01	75.12	74.99	.12	.13	.08	
4000	4009	4000	4001	3991	4004	3997	80.00	80.13	79.95	80.10	79.90	80.11	79.97	80.11	79.94	.11	.17	.03	
4250	4257	4248	4249	4241	4251	4244	85.00	85.09	84.91	85.07	84.90	85.05	84.91	85.07	84.91	.07	.16	.03	
4500	4505	4496	4496	4489	4498	4491	90.00	90.05	89.87	90.01	89.87	90.00	89.86	90.02	89.86	.02	.15	.05	
4750	4754	4747	4744	4735	4746	4740	95.00	95.02	94.88	94.97	94.79	94.96	94.84	94.99	94.84	-.01	.15	.07	
5000	5003	5003	4995	4995	4998	4998	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	.00	.00	.00	
																MAXIMUM	.28	.27	.09

ตารางที่ จ-11 ข้อมูลและผลการทดสอบโหลดเซลล์ขนานกัน 4 ชั้น ด้วยน้ำหนักเพิ่มทีละ 500 กิโลกรัม

TEST WEIGHT KG.	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)						NORMAL TEST WEIGHT %F.S.	NORMAL OF ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (%F.S.)								NON-LIN. %F.S.	HYST. %F.S.	REPEAT. %F.S.
	TEST 1		TEST 2		TEST 3			TEST 1		TEST 2		TEST 3		AVERAGE				
	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.		INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.			
0	0	0	0	2	0	1	.00	.00	.00	.00	.04	.00	.02	.00	.02	.00	-.02	.00
250	255	246	256	248	254	249	5.00	5.09	4.92	5.12	4.96	5.09	4.99	5.10	4.95	.10	.15	.03
500	508	498	507	498	505	497	10.00	10.15	9.95	10.14	9.96	10.11	9.95	10.13	9.95	.13	.18	.04
750	758	746	759	750	756	746	15.00	15.14	14.91	15.17	14.99	15.14	14.94	15.15	14.95	.15	.21	.04
1000	1010	998	1011	1000	1007	996	20.00	20.18	19.94	20.21	19.99	20.16	19.94	20.19	19.96	.19	.23	.05
1250	1261	1249	1262	1247	1259	1246	25.00	25.19	24.96	25.23	24.93	25.21	24.95	25.21	24.95	.21	.27	.04
1500	1513	1498	1514	1499	1510	1496	30.00	30.23	29.93	30.27	29.97	30.24	29.96	30.24	29.95	.24	.29	.04
1750	1765	1748	1765	1750	1761	1746	35.00	35.26	34.93	35.29	34.99	35.26	34.96	35.27	34.96	.27	.31	.02
2000	2017	2000	2015	1998	2011	1994	40.00	40.30	39.96	40.28	39.94	40.27	39.93	40.28	39.94	.28	.34	.03
2250	2266	2246	2263	2245	2262	2243	45.00	45.27	44.88	45.24	44.88	45.29	44.91	45.27	44.89	.27	.38	.05
2500	2515	2497	2514	2496	2510	2492	50.00	50.25	49.89	50.26	49.90	50.26	49.90	50.26	49.90	.26	.36	.01
2750	2765	2748	2762	2746	2758	2739	55.00	55.24	54.91	55.22	54.90	55.23	54.85	55.23	54.88	.23	.35	.03
3000	3013	2998	3010	2995	3005	2988	60.00	60.20	59.90	60.18	59.88	60.17	59.83	60.18	59.87	.18	.31	.03
3250	3261	3245	3259	3244	3253	3237	65.00	65.15	64.84	65.15	64.85	65.14	64.82	65.15	64.84	.15	.31	.02
3500	3509	3494	3508	3493	3501	3489	70.00	70.11	69.81	70.13	69.83	70.10	69.86	70.12	69.84	.12	.28	.03
3750	3758	3744	3756	3741	3748	3735	75.00	75.08	74.81	75.09	74.79	75.05	74.79	75.07	74.80	.07	.28	.04
4000	4006	3994	4004	3991	3997	3986	80.00	80.04	79.80	80.05	79.79	80.04	79.82	80.04	79.80	.04	.24	.01
4250	4255	4244	4253	4241	4246	4237	85.00	85.01	84.80	85.03	84.79	85.02	84.84	85.02	84.81	.02	.21	.01
4500	4504	4495	4501	4490	4495	4485	90.00	89.99	89.81	89.98	89.76	90.01	89.81	89.99	89.79	-.01	.20	.02
4750	4753	4745	4750	4741	4742	4736	95.00	94.97	94.81	94.96	94.78	94.95	94.83	94.96	94.81	-.04	.15	.01
5000	5005	5005	5002	5002	4994	4994	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	.00	.00	.00
MAXIMUM															.28	.38	.05	

ตารางที่ ก-12 ข้อมูลและผลการทดสอบโหลดเซลล์น้ำหนัก KYOWA ด้วยน้ำหนักเต็มขีด 5000 กิโลกรัม

TEST WEIGHT KG.	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)						NORMAL TEST WEIGHT %F.S.	NORMAL OF ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (%F.S.)								NON-LIN. %F.S.	HYST. %F.S.	REPEAT. %F.S.
	TEST 1		TEST 2		TEST 3			TEST 1		TEST 2		TEST 3		AVERAGE				
	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.		INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.	INCRE.	DECRE.			
0	0	1	0	0	0	2	.00	.00	.02	.00	.00	.00	.04	.00	.02	.00	-.02	.00
250	255	246	253	243	255	245	5.00	5.10	4.92	5.07	4.87	5.09	4.89	5.09	4.89	.09	.19	.03
500	506	496	505	493	508	497	10.00	10.12	9.92	10.11	9.87	10.14	9.92	10.12	9.90	.12	.22	.03
750	758	747	756	743	758	745	15.00	15.15	14.93	15.14	14.88	15.14	14.88	15.14	14.90	.14	.25	.02
1000	1009	995	1006	992	1009	998	20.00	20.17	19.89	20.15	19.87	20.15	19.93	20.16	19.90	.16	.26	.02
1250	1261	1246	1258	1245	1260	1247	25.00	25.21	24.91	25.20	24.93	25.16	24.90	25.19	24.92	.19	.27	.05
1500	1511	1496	1510	1495	1512	1499	30.00	30.21	29.91	30.24	29.94	30.19	29.93	30.21	29.93	.21	.29	.05
1750	1763	1746	1761	1744	1764	1750	35.00	35.25	34.91	35.27	34.93	35.22	34.94	35.25	34.93	.25	.32	.05
2000	2015	1998	2010	1992	2017	2002	40.00	40.28	39.94	40.26	39.90	40.28	39.98	40.27	39.94	.27	.33	.03
2250	2266	2249	2262	2243	2267	2250	45.00	45.30	44.96	45.30	44.92	45.27	44.93	45.29	44.94	.29	.35	.04
2500	2517	2498	2510	2490	2519	2501	50.00	50.32	49.94	50.27	49.87	50.30	49.94	50.30	49.92	.30	.38	.05
2750	2765	2747	2758	2738	2769	2752	55.00	55.28	54.92	55.24	54.84	55.29	54.95	55.27	54.90	.27	.37	.05
3000	3015	2996	3006	2988	3018	3001	60.00	60.28	59.90	60.20	59.84	60.26	59.92	60.25	59.89	.25	.36	.07
3250	3263	3245	3253	3236	3267	3253	65.00	65.23	64.87	65.15	64.81	65.24	64.96	65.21	64.88	.21	.33	.08
3500	3511	3494	3502	3488	3516	3504	70.00	70.19	69.85	70.14	69.86	70.21	69.97	70.18	69.89	.18	.29	.07
3750	3759	3744	3750	3739	3766	3751	75.00	75.15	74.85	75.11	74.88	75.20	74.90	75.15	74.88	.15	.27	.09
4000	4007	3993	3998	3986	4014	4000	80.00	80.11	79.83	80.07	79.83	80.15	79.87	80.11	79.84	.11	.27	.08
4250	4254	4242	4246	4235	4262	4250	85.00	85.05	84.81	85.04	84.82	85.10	84.86	85.06	84.83	.06	.23	.06
4500	4503	4493	4494	4487	4509	4497	90.00	90.02	89.82	90.01	89.87	90.04	89.80	90.02	89.83	.02	.19	.03
4750	4751	4743	4742	4735	4757	4747	95.00	94.98	94.82	94.97	94.83	94.99	94.79	94.98	94.81	-.02	.17	.02
5000	5002	5002	4993	4993	5008	5008	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	.00	.00	.00
MAXIMUM																.30	.38	.09

ตารางที่ ค.-13 ข้อมูลการทดสอบผลของอุณหภูมิ
ต่อโพลีเอสเตอร์ 1

TEMP. °C	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)			
	TEST1	TEST2	TEST3	AVERAGE
10	0	0	0	.00
15	18	19	19	18.67
20	34	36	34	34.67
25	55	54	54	54.33
30	69	69	71	69.67
35	96	98	95	96.33
40	120	123	121	121.33
45	154	152	156	154.00
50	192	189	190	190.33
55	249	247	246	247.33
60	285	288	291	288.00

ตารางที่ ค.-14 ข้อมูลการทดสอบผลของอุณหภูมิ
ต่อโพลีเอสเตอร์ 2

TEMP. °C	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)			
	TEST1	TEST2	TEST3	AVERAGE
10	0	0	0	.00
15	13	15	13	13.67
20	24	27	25	25.33
25	39	39	41	39.67
30	63	61	60	61.33
35	87	85	88	86.67
40	114	118	117	116.33
45	145	144	144	144.33
50	180	177	176	177.67
55	226	229	225	226.67
60	274	271	270	271.67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.-15 ข้อมูลการทดสอบผลของอุณหภูมิ
ต่อโพลีเซลล์เบอร์ 3

TEMP. °C	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)			
	TEST1	TEST2	TEST3	AVERAGE
10	0	0	0	.00
15	22	21	19	20.67
20	40	42	40	40.67
25	60	61	63	61.33
30	79	78	75	77.33
35	106	109	111	108.67
40	138	135	136	136.33
45	165	165	167	165.67
50	216	219	217	217.33
55	262	265	267	264.67
60	315	316	313	314.67

ตารางที่ จ.-16 ข้อมูลการทดสอบผลของอุณหภูมิ
ต่อโพลีเซลล์เบอร์ 4

TEMP. °C	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)			
	TEST1	TEST2	TEST3	AVERAGE
10	0	0	0	.00
15	18	20	17	18.33
20	39	37	36	37.33
25	51	48	48	49.00
30	75	73	76	74.67
35	97	94	93	94.67
40	121	120	124	121.67
45	154	153	153	153.33
50	195	197	193	195.00
55	247	250	248	248.33
60	304	306	303	304.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑.17 ข้อมูลการทดสอบผลของอุณหภูมิต่อ
 ทรานซิสเตอร์แบบ 4 ชั้น

TEMP. °C	ELECTRONIC WEIGHTMETER READING (KG.)			
	TEST1	TEST2	TEST3	AVERAGE
10	0	0	0	.00
15	16	13	18	15.67
20	30	28	32	30.00
25	42	44	37	41.00
30	62	65	66	64.33
35	80	77	84	80.33
40	110	112	107	109.67
45	142	147	149	146.00
50	180	182	185	182.33
55	239	240	243	240.67
60	290	285	287	287.33

ตารางที่ จ.-18 ข้อมูลการทดสอบผลของอุณหภูมิต่อความไวของโหลดเซลล์

LOAD CELLS	READING AT 28 °C				READING AT 60 °C				TEMP. EFFECT ON RATED OUTPUT %/°C
	TEST 1	TEST 2	TEST 3	AVERAGE	TEST 1	TEST 2	TEST 3	AVERAGE	
NO. 1	20000	19990	19992	19994.00	20250	20240	20260	20250.00	.040
NO. 2	19994	19997	20010	20000.33	20240	20270	20240	20250.00	.039
NO. 3	20000	19990	19998	19996.00	20280	20280	20260	20273.33	.043
NO. 4	20000	19998	19991	19996.33	20250	20260	20240	20250.00	.040
4 LOAD CELL IN PARALLEL	20010	19992	20000	20000.67	20270	20260	20250	20260.00	.041

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ



1.1 ความเบื้องต้น

เครื่องชั่งน้ำหนักนอกจากจะใช้ประโยชน์ในการชั่งน้ำหนักสินค้า เพื่อการแลกเปลี่ยนซื้อขายแล้ว ในทางอุตสาหกรรมการชั่งน้ำหนักได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง เพื่อควบคุมขบวนการผลิตต่าง ๆ เช่น สินค้าบางอย่างจำเป็นต้องรักษาอัตราส่วนทางน้ำหนักของส่วนประกอบให้คงที่ตลอด เพื่อรักษาคุณภาพของสินค้าให้ได้มาตรฐานเดียวกัน และการชั่งน้ำหนักยังมีประโยชน์ในการประเมินประสิทธิภาพของขบวนการผลิต ซึ่งจะนำไปสู่การปรับปรุงการผลิตให้ดีขึ้น แต่เครื่องชั่งน้ำหนักที่ใช้กันอย่างแพร่หลายโดยทั่วไป มักจะเป็นเครื่องชั่งแบบกลไก ประกอบด้วยสปริงคาน และชิ้นส่วนที่เป็นกลไกเคลื่อนไหวต่าง ๆ ซึ่งข้อดีของเครื่องชั่งแบบนี้คือ มีราคาถูกและใช้งานได้ทนทาน ส่วนข้อเสียคือมีความแม่นยำจำกัด เมื่อผ่านการใช้งานไป ในระยะหนึ่งความผิดพลาดจะเพิ่มมากขึ้น อาจจะเป็นเนื่องจากสปริงเกิดความล้า หรือเกิดความผิดขึ้นกับชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว ทำให้ต้องมีการบำรุงรักษาอย่างใกล้ชิด และปรับเทียบเครื่องชั่งอยู่เสมอ ดังนั้นจึงเกิดความต้องการเครื่องชั่งที่มีความถูกต้องแม่นยำสูง และสามารถใช้งานร่วมกับระบบควบคุมต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมได้

โดยอาศัยกฎของฮุก (Hooke's law) คุณสมบัติของลำเตรนเกจแบบความต้านทาน (Resistance strain gage) เทคนิคการสร้างโหลดเซลล์ (Load Cell) และความก้าวหน้าทางอิเล็กทรอนิกส์ จะสามารถสร้างเครื่องชั่งน้ำหนักแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความแม่นยำสูงได้ น้ำหนักที่ต้องการชั่งจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยโหลดเซลล์ ซึ่งเมื่อผ่านการขยายและปรับเทียบแล้ว ก็จะสามารถแสดงผลออกมาเป็นค่าน้ำหนักโดยตรง และที่สำคัญข้อมูลในการชั่ง ซึ่งอยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้า ยังง่ายต่อการที่จะนำไปโปรเซส เช่น การคำนวณ การบันทึก การพิมพ์รายงาน การชั่ง ตลอดจนการใช้งานร่วมกับระบบควบคุมต่าง ๆ ก็เป็นไปได้ง่ายขึ้น

ประวัติผู้เขียน

นาย ไพฑูรย์ วิเศษการ เกิดเมื่อวันที่ 5 มิถุนายน พ.ศ. 2499 ณ จังหวัดร้อยเอ็ด
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร และไฟฟ้ากำลัง จากมหาวิทยาลัย
ขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2522



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย