



เอกสารอ้างอิง

1. Altman, Manfred.,1969 Element of Solid-state Energy Conversion.  
New York :Van Nostrand Reinhold Company, pp.240-260
2. Buckus, Charles. E.,1976 Solar cell. New York:IEEE Press,The Institute  
of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
3. Chang, S.S.L.,1963 Energy Conversion. New Jersey:Prentice-Hall,Inc.,  
pp.177-193
4. Diefenderfer, A.Jame.,1972 Principles of Electronic Instrumentation.  
Tokyo:Toppan Company, Limited.,pp.515-517
- 5.Groove, A.S.,1967 Physic and Technology of Semiconductor Devices. New  
York:John Wiley and sons,Inc.
6. Hoeschele,David. F.,1968 Analog-to-Digital/Digital-to-Analog Conversion  
Techniques. New York:Wiley-Inter science .
7. Hovel, Harold. J.,1975 Semiconductor and Semimetal. Volume 11 Solar  
Cell,New York:Academic Press.
8. Hudson, Richard. D.,1969 Infrared System Engineering. New York:Wiley-  
Inter science, John Wiley and sons,Inc.,pp.222-224,291
9. Kaufman, John. E.,1972 IES Lighting Handbook.5<sup>th</sup> Edition, New York:  
Published by the Illuminating Engineering Society.
10. Lange, Dr.Bruno.,1938 Photoelements and their Application. Translated  
by Ancel St.John,New York:Reinhold Publishing Corporation,  
pp.157,190

11. Lapedes, Daniel. N., 1976 Encyclopedia of Energy. Mc. Graw-Hill Book Company., pp.612-623
12. Larach, Simon., 1965 Photoelectronic Materials and Devices. New Jersey: D.Van Nostrand Company, Inc., pp.239-279
13. Merrigan, Joseph. A., 1975 Sunlight to Electricity. U.S.A., The Massachusetts Institute of Technology Press, pp.30-54
14. Norton, Harry. N., 1969 Handbook of Transducers for Electronic Measuring Systems. Englewood Cliffs, N.J:Prentice-Hall Inc., pp.331-352
15. Sze, S.M., 1969 Physics of Semiconductor Devices. New York: Wiley-Interscience, pp.640-653

ภาคผนวก



## ตารางที่ ๕.๑ (ก)

ผลตอบสนองต่อรังสีของเซลล์รับพลังงานแสงซิลิกอน

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อ รังสี (ไมโครแอมป์)	ผลตอบสนองต่อ รังสี เปรียบเทียบ ( $S_{si}$ )	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อ รังสี (ไมโครแอมป์)	ผลตอบสนองต่อ รังสี เปรียบเทียบ ( $S_{si}$ )
350	0.06	0.0368	580	1.10	0.675
370	0.07	0.0429	590	1.16	0.712
390	0.09	0.0552	600	1.21	0.742
400	0.11	0.0675	610	1.27	0.779
420	0.17	0.104	620	1.31	0.804
440	0.25	0.153	630	1.36	0.834
450	0.30	0.184	650	1.44	0.883
460	0.35	0.215	670	1.51	0.926
480	0.47	0.288	690	1.55	0.951
500	0.59	0.362	700	1.58	0.969
510	0.66	0.405	720	1.60	0.982
520	0.72	0.442	740	1.62	0.994
530	0.79	0.485	760	1.63	1.0
540	0.85	0.521	780	1.62	0.994
550	0.92	0.564	800	1.61	0.988
560	0.98	0.601	810	1.60	0.982
570	1.05	0.644	820	1.59	0.976



## ตารางที่ ๕.๑ (ข)

ผลตอบสนองต่อรังสีของเซลรับพลังงานแสงซิลิกอน

(จากหนังสือ Energy Conversion โดย S.S.L.Chang หน้า ๑๔๔)

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อรังสี เปรียบเทียบ	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อรังสี เปรียบเทียบ
470	0.3902	830	0.9919
490	0.4488	850	0.97
510	0.5138	870	0.95
530	0.5772	890	0.90
570	0.6634	910	0.845
600	0.7073	930	0.775
620	0.7512	950	0.695
640	0.7886	970	0.625
670	0.821	990	0.52
690	0.8455	1,010	0.425
710	0.8715	1,030	0.33
730	0.9024	1,050	0.24
750	0.93	1,080	0.135
770	0.9616	1,110	0.085
800	1.0	1,140	0.060

## ตารางที่ ๕.๒

ผลตอบสนองต่อแสงของเซลล์รับพลังงานแสงซีลีเนียม

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อแสง (ไมโครแอมป์)	ผลตอบสนองต่อแสง เปรียบเทียบ ( $S_{se}$ )	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อแสง (ไมโครแอมป์)	ผลตอบสนองต่อแสง เปรียบเทียบ ( $S_{se}$ )
350	0.50	0.020	570	24.44	0.989
360	0.71	0.028	580	24.72	1.000
370	1.02	0.041	590	24.58	0.994
380	1.45	0.059	600	24.00	0.971
390	2.04	0.083	610	22.96	0.929
400	2.75	0.111	620	21.26	0.860
410	3.61	0.146	630	18.91	0.765
420	4.65	0.188	650	13.17	0.533
440	6.94	0.281	660	10.26	0.415
450	8.20	0.332	670	7.57	0.306
470	11.15	0.451	690	3.82	0.155
490	14.47	0.585	700	2.77	0.112
500	16.16	0.654	720	1.73	0.070
520	19.20	0.777	750	1.25	0.050
540	21.90	0.886	770	0.96	0.039
550	23.06	0.933	800	0.55	0.022
560	23.85	0.965	820	0.39	0.016

## ตารางที่ ๕.๓

การตอบสนองต่อแสงของตามนุษย์ ( $V_\lambda$  curve)

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	การตอบสนองต่อแสง ของตามนุษย์ ( $V_\lambda$ )	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	การตอบสนองต่อแสง ของตามนุษย์ ( $V_\lambda$ )
380	0.00004	590	0.757
390	0.00012	600	0.631
400	0.0004	610	0.503
410	0.0012	620	0.381
420	0.004	630	0.265
430	0.012	640	0.175
440	0.023	650	0.107
450	0.038	660	0.061
460	0.060	670	0.032
470	0.091	680	0.017
480	0.139	690	0.0082
490	0.208	700	0.0041
500	0.323	710	0.0021
510	0.503	720	0.00105
520	0.710	730	0.00052
530	0.862	740	0.00025
540	0.954	750	0.00012
550	0.995	760	0.00006
560	0.995	770	0.00003
570	0.952	780	0.000015
580	0.870		



ตารางที่ ๕.๔ (ก)

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงสีเหลือง

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม ( $T_{\lambda, Y}$ )	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม ( $T_{\lambda, Y}$ )
200	0.00	540	69.82
320	1.14	550	72.60
330	9.75	560	73.81
340	19.43	570	74.37
350	16.15	580	75.10
360	8.00	590	75.80
370	2.79	600	75.96
380	0.55	610	76.60
450	0.00	620	77.16
460	0.80	630	77.56
470	3.98	640	77.80
480	10.77	650	78.20
490	24.58	660	78.84
500	39.50	670	79.00
510	51.71	700	79.00
520	60.65	750	79.00
530	66.63	800	79.00

## ตารางที่ ๕.๔ (ข)

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงสีน้ำเงิน

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม ( $\gamma_{\lambda,b}$ )	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม ( $\gamma_{\lambda,b}$ )
200	0.00	530	52.07
280	0.38	540	45.46
290	3.05	550	38.15
300	5.71	560	27.53
320	4.19	570	16.67
340	5.33	580	12.74
360	9.90	590	11.64
370	15.34	600	10.93
380	23.44	610	10.93
390	32.72	620	12.98
400	40.51	630	16.91
420	50.18	640	21.87
440	55.06	660	29.42
460	60.17	680	26.90
470	61.19	700	23.99
480	62.06	720	31.46
490	61.98	740	44.44
500	61.74	760	58.20
510	60.56	780	66.08
520	57.81	800	70.00

ตารางที่ ๕.๔ (ค)

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัมของแผ่นอะคริลิกพลาสติกใส

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม (T <sub>A</sub> )	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม (T <sub>A</sub> )
200	0.00	510	89.78
270	0.16	520	89.78
280	0.33	540	90.41
290	1.22	550	90.41
300	55.33	560	90.49
310	76.90	580	90.49
320	78.52	600	90.57
330	79.18	620	91.37
350	81.70	640	91.37
370	83.00	660	92.00
390	84.43	680	92.17
410	85.39	700	92.00
430	86.18	720	91.92
450	87.06	740	91.50
460	87.38	760	91.50
480	88.82	780	91.50
500	89.78	800	91.50



ตารางที่ ๕.๕

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสง

เมื่อนำฟิล์มกรองแสงสีเหลืองกับสีน้ำเงินมาซ้อนกัน

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม ( $T_{\lambda,Y} \times T_{\lambda,B}$ )	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม ( $T_{\lambda,Y} \times T_{\lambda,B}$ )
200	0.00	540	31.74
320	0.048	550	27.697
330	0.464	560	20.32
340	1.036	570	12.397
350	1.230	580	9.568
360	0.792	590	8.823
370	0.428	600	8.302
380	0.129	610	8.372
450	0.00	620	10.015
460	0.481	630	13.115
470	2.435	640	17.015
480	6.684	650	20.054
490	15.235	660	23.195
500	24.387	670	22.246
510	31.316	700	18.952
520	35.062	750	40.543
530	34.694	800	55.30

## ตารางที่ ๕.๖

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงเบอร์ ๑๐๒ ของโกดัก

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม ( $\gamma_{102}$ )	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม ( $\gamma_{102}$ )
360	1.4	640	19.8
380	1.6	660	14.3
400	2.0	680	12.0
420	1.3	700	11.0
440	1.7	720	10.8
460	4.3	740	11.0
480	12.6	760	12.4
500	28.7	780	14.8
520	50.3	800	18.6
540	64.8	820	24.5
560	66.8	840	32.5
580	58.2	860	43.6
600	43.9	880	61.5
620	29.8	900	76.0

## ตารางที่ ๕.๗

ผลตอบสนองต่อแสงของเซลล์พลังงานแสงซีลีเนียม

เมื่อปรับรูปสเปกตรัมด้วยฟิล์มกรองแสงเบอร์ ๑๐๒ ของโกดัก

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อ แสงของซีลีเนียม ( $S_{se} \times \gamma_{102}$ )	ผลตอบสนองต่อ แสงเปรียบเทียบ	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อ แสงของซีลีเนียม ( $S_{se} \times \gamma_{102}$ )	ผลตอบสนองต่อ แสงเปรียบเทียบ
360	0.0392	0.00061	600	42.6269	0.66127
380	0.0944	0.00146	620	25.6280	0.39757
400	0.2220	0.00344	640	12.8502	0.19935
420	0.2444	0.00379	660	5.9345	0.09206
440	0.4777	0.00741	680	2.7660	0.04291
460	1.6834	0.02611	700	1.2320	0.01911
480	6.5268	0.10125	720	0.7560	0.01173
500	18.7698	0.29118	740	0.6050	0.00939
520	39.0831	0.60630	760	0.4960	0.00769
540	57.4128	0.89065	780	0.4440	0.00689
560	64.4620	1.00	800	0.4092	0.00635
580	58.20	0.90286	820	0.3920	0.00608



## ตารางที่ ๕.๘

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัมของ อะคริลิคพลาสติคสีเขียว

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม (YAG)	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม (YAG)
350	49.0	580	82.8
360	53.6	590	82.1
370	50.0	600	82.1
380	43.7	610	83.0
390	35.0	620	83.2
400	25.0	630	83.4
410	15.0	640	83.6
420	11.0	650	84.2
430	5.0	660	86.2
440	3.5	670	88.0
450	4.5	680	89.0
460	2.5	690	89.8
470	3.2	700	89.8
480	18.9	710	89.8
490	48.5	720	89.5
500	71.5	730	89.2
510	81.1	740	89.2
520	83.2	750	89.0
530	83.8	760	89.0
540	83.8	770	89.0
550	83.5	780	89.0
560	83.2	790	89.0
570	83.1	800	89.0

## ตารางที่ ๕.๕ (ก)

ผลตอบสนองต่อแสงของเซลล์พลังงานแสงซีลีเนียม

เมื่อปรับรูปสเปกตรัมด้วย อะคริลิกพลาสติคสีเขียว

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อ แสงของซีลีเนียม ( $S_{sc} \times \gamma_{AG}$ )	ผลตอบสนองต่อ แสงเปรียบเทียบ	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อ แสงของซีลีเนียม ( $S_{sc} \times \gamma_{AG}$ )	ผลตอบสนองต่อ แสงเปรียบเทียบ
350	0.980	0.0118	570	82.186	0.9926
360	1.501	0.0181	580	82.800	1.00
370	2.050	0.0248	590	81.607	0.9856
380	2.578	0.0311	600	79.719	0.9628
390	2.905	0.0351	610	77.107	0.9312
400	2.775	0.0335	620	71.552	0.8642
410	2.190	0.0264	630	63.801	0.7705
420	2.068	0.0250	650	44.879	0.5420
440	0.984	0.0119	660	35.773	0.4320
450	1.494	0.0180	670	26.928	0.3252
470	1.443	0.0174	690	13.919	0.1681
490	28.373	0.3427	700	10.058	0.1215
500	46.761	0.5647	720	6.265	0.0757
520	64.646	0.7807	750	4.450	0.0537
540	74.247	0.8967	770	3.471	0.0419
550	77.906	0.9409	800	1.958	0.0236
560	80.288	0.9697			

## ตารางที่ ๕.๔ (ข)

ผลตอบสนองต่อแสงของเซลล์พลังงานแสงซิลิเนียมเมื่อ

ปรับปรุงแพคเกจด้วยฟิล์มกรองแสงสีเหลืองร่วมกับสีน้ำเงิน

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อแสง ( $S_{se} \times T_{\lambda,Y} \times T_{\lambda,B}$ )	ผลตอบสนองต่อแสง (ค่าเปรียบเทียบ)	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อแสง ( $S_{se} \times T_{\lambda,Y} \times T_{\lambda,B}$ )	ผลตอบสนองต่อแสง (ค่าเปรียบเทียบ)
350	0.025	0.0009	580	9.568	0.3402
360	0.022	0.0008	590	8.77	0.3119
370	0.018	0.0006	600	8.061	0.2866
380	0.008	0.0003	610	7.777	0.2765
450	0.00	0.00	620	8.613	0.3063
470	1.098	0.039	630	10.033	0.3568
490	8.912	0.3169	650	10.689	0.3801
500	15.949	0.5671	660	9.626	0.3423
520	27.243	0.9687	670	6.807	0.2421
540	28.122	1.0	700	2.123	0.0755
550	25.841	0.9189	750	2.027	0.0721
560	19.609	0.6973	800	1.217	0.0433
570	12.261	0.4360			



## ตารางที่ ๕.๑๐ (ก)

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัมของกระจกกรองแสง

เบอร์ ๓๐๑ (Infrared-cutoff filter) ของโกดัก

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม ( $T_{301}$ )	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม ( $T_{301}$ )	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การส่ง ผ่านทางสเปกตรัม ( $T_{301}$ )
500	80.0	680	33.0	860	1.4
510	80.0	690	15.4	870	1.7
520	80.0	700	9.6	880	2.0
530	80.0	710	7.7	890	2.5
540	80.0	720	6.0	900	3.0
550	80.0	730	5.9	920	4.2
560	80.0	740	4.0	940	6.0
570	80.0	750	3.2	960	8.5
580	80.0	760	2.7	980	14.2
590	80.0	770	2.1	1,000	31.2
600	79.5	780	1.8	1,020	53.8
610	79.0	790	1.4	1,040	63.6
620	79.0	800	1.2	1,060	64.0
630	78.0	810	1.1	1,080	58.3
640	76.0	820	1.0	1,100	47.8
650	74.0	830	1.0	1,120	46.0
660	68.0	840	1.1	1,140	54.0
670	54.0	850	1.3	1,160	61.2

## ตารางที่ ๕.๑๐ (ข)

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัมของกระจกกรองแสงสีเขียว

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การ ส่งผ่านทางสเปก ตรัม ( $\gamma_G$ )	การส่งผ่านทาง สเปกตรัม เปรียบเทียบ	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เปอร์เซ็นต์การ ส่งผ่านทางสเปก ตรัม ( $\gamma_G$ )	การส่งผ่าน ทางสเปกตรัม เปรียบเทียบ
380	50	0.6667	720	39	0.52
400	53	0.7067	740	34	0.4533
420	56	0.7467	760	29	0.3866
440	64	0.8533	780	25	0.3333
460	70	0.9333	800	23	0.3067
480	75	1.0	820	21.5	0.2867
500	75	1.0	840	20	0.2667
520	74	0.9867	880	18.5	0.2467
540	73	0.9733	920	16.5	0.22
560	70	0.9333	960	16	0.2133
580	68	0.9067	1,000	15	0.20
600	64	0.8533	1,080	13	0.1733
620	59	0.7867	1,160	13.5	0.18
640	54	0.72	1,240	15	0.20
660	50	0.6667	1,320	17.5	0.2333
680	47	0.6267	1,400	21	0.28
700	43	0.5733			

## ตารางที่ ๕.๑๑ (ก)

ผลตอบสนองต่อแสงของเซลล์พลังงานแสงซิลิกอน เมื่อปรับรูปสเปก-  
ตรัมด้วยฟิล์มกรองแสงเบอร์ ๑๐๒ ร่วมกับเบอร์ ๓๐๑ ของโกดัก

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อแสงของซิลิกอน			ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อแสงของซิลิกอน		
	$S_{Si} \times \tau_{102}$	$S_{Si} \times \tau_{102} \times \tau_{301}$	$S_{Si} \times \tau_{102} \times \tau_{301}$ (ค่าเปรียบเทียบ)		$S_{Si} \times \tau_{102}$	$S_{Si} \times \tau_{102} \times \tau_{301}$ (ค่าเปรียบเทียบ)	$S_{Si} \times \tau_{102} \times \tau_{301}$ (ค่าเปรียบเทียบ)
400	0.135	-	-	650	-	11.108	0.3369
420	0.135	-	-	660	12.942	-	-
440	0.260	-	-	670	-	6.75	0.2047
460	0.925	-	-	680	11.256	-	-
480	3.629	-	-	690	-	1.685	0.0511
500	10.389	8.3115	0.2521	700	10.66	1.023	0.0310
510	-	12.636	0.3832	720	10.61	0.636	0.0193
520	22.233	17.786	0.5394	740	10.934	0.438	0.0133
530	-	23.663	0.7178	760	12.40	0.335	0.0102
540	33.761	27.0036	0.8191	780	14.711	0.265	0.008
550	-	30.006	0.910	800	18.377	0.221	0.0067
560	40.147	32.1174	0.974	810	-	0.232	0.007
570	-	32.971	1.00	820	23.912	0.239	0.0072
580	39.285	31.423	0.9531	840	31.72	-	-
590	-	29.619	0.8983	850	-	0.483	0.0146
600	32.574	25.897	0.7854	860	41.856	-	-
610	-	22.154	0.6719	870	-	0.81	0.0246
620	23.959	18.919	0.5741	880	57.195	-	-
630	-	15.612	0.4735	890	-	1.519	0.0461
640	16.988	-	-	900	66.12	-	-



## ตารางที่ ๔.๑๑ (ข)

ผลตอบสนองต่อแสงของเซลรับพลังงานแสงซิลิกอนเมื่อปรับรูปสเปกตรัมด้วย

กระจกกรองแสงสีเขียว ๒ ชั้น ร่วมกับอะคริลิกพลาสติกสีเขียว

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	$S_{si} \times (\tau_G)^2 \times \tau_{AG}$	ผลตอบสนองต่อ แสงเปรียบเทียบ	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	$S_{si} \times (\tau_G)^2 \times \tau_{AG}$	ผลตอบสนองต่อ แสงเปรียบเทียบ
380	0.9537	0.0208	600	44.3545	0.9653
400	0.8427	0.0183	620	41.40	0.9010
420	0.6379	0.0139	640	37.2275	0.8102
440	0.4569	0.0099	660	34.6759	0.7547
460	0.4682	0.0102	680	32.8267	0.7144
480	5.4432	0.1185	700	28.6022	0.6225
500	25.883	0.5633	720	23.7652	0.5172
520	35.8036	0.7792	740	18.2206	0.3966
540	41.3589	0.9001	760	13.3055	0.2896
560	43.5528	0.9479	780	9.8286	0.2139
580	45.9472	1.0			

ตารางที่ ๕.๑๒ (ก)

การปรับปรุงสเปกตรัมของเซลล์รับพลังงานแสงซิลิกอนให้มีผลตอบสนองต่อรังสีเท่ากันตลอดช่วง

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อรังสีของซิลิกอน		ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อรังสีของซิลิกอน	
	ฟิล์มกรองแสง ( $\tau_{F_3}$ )	$S_{Si} \times \tau_{F_3}$		ฟิล์มกรองแสง ( $\tau_{F_3}$ )	$S_{Si} \times \tau_{F_3}$
450	100.0	18.40	700	51.60	50.0
460	100.0	21.50	720	50.92	50.0
480	100.0	28.80	740	50.30	50.0
500	100.0	36.20	760	50.0	50.0
510	100.0	40.50	780	50.30	50.0
520	100.0	44.20	800	50.61	50.0
530	100.0	48.50	810	50.92	50.0
540	95.97	50.0	820	51.23	50.0
550	88.65	50.0	850	51.28	50.0
560	83.19	50.0	870	52.63	50.0
570	77.64	50.0	890	55.56	50.0
580	74.07	50.0	910	59.17	50.0
590	70.22	50.0	930	64.52	50.0
600	67.38	50.0	950	71.94	50.0
610	64.18	50.0	970	80.0	50.0
620	62.19	50.0	990	96.15	50.0
630	59.95	50.0	1,010	100.0	42.50
650	56.63	50.0	1,030	100.0	33.0
670	54.0	50.0	1,050	100.0	24.0
690	52.58	50.0	1,080	100.0	13.50

## ตารางที่ ๕.๑๒ (ข)

การปรับรูปสเปกตรัมของเซลล์พลังงานแสงซิลิกอนให้มีผลตอบสนองต่อรังสีเท่ากันตลอดช่วง

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อรังสีของซิลิกอน		ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ผลตอบสนองต่อรังสีของซิลิกอน	
	ฟิล์มกรองแสง ( $\tau_{F4}$ )	$S_{Si} \times \tau_{F4}$		ฟิล์มกรองแสง ( $\tau_{F4}$ )	$S_{Si} \times \tau_{F4}$
450	100.0	18.4	700	41.28	40.0
460	100.0	21.5	720	40.74	40.0
480	100.0	28.8	740	40.24	40.0
500	100.0	36.2	760	40.0	40.0
510	98.77	40.0	780	40.24	40.0
520	90.50	40.0	800	40.49	40.0
530	82.47	40.0	810	40.74	40.0
540	76.78	40.0	820	40.98	40.0
550	70.92	40.0	850	41.02	40.0
560	66.55	40.0	870	42.10	40.0
570	62.11	40.0	890	44.45	40.0
580	59.26	40.0	910	47.34	40.0
590	56.18	40.0	930	51.62	40.0
600	53.90	40.0	950	57.55	40.0
610	51.34	40.0	970	64.0	40.0
620	49.75	40.0	990	76.92	40.0
630	47.96	40.0	1,010	94.12	40.0
650	45.30	40.0	1,030	100.0	33.0
670	43.20	40.0	1,050	100.0	24.0
690	42.06	40.0	1,080	100.0	13.5



## ตารางที่ ๕.๑๓ (ก)

การปรับเครื่องมือวัดพลังงานแสงกับลักซ์มิเตอร์ด้วยหลอดกำเนิด

แสง ๔ ชนิด เมื่อใช้ซิลิเนียมเป็นตัวรับพลังงานแสง

หลอดไอโซเทียมความดันไอต่ำ ขนาด 135W			หลอดไอปรอทความดันไอสูง ขนาด 125W		
ระยะทาง (เซนติเมตร)	ลักซ์มิเตอร์ (ฟุต-แคนเดิล)	เครื่องมือวัดพลังงานแสง (Scale)	ระยะทาง (เซนติเมตร)	ลักซ์มิเตอร์ (ฟุต-แคนเดิล)	เครื่องมือวัดพลังงานแสง (Scale)
92.5	40	468	91	40	628
104.5	30	365	104	30	488
114.5	25	310	114	25	411
127	20	249	127.5	20	335
148	15	186	146.5	15	255
176	10	125	176	10	171
240	5	69	243	5	90
หลอดไส้ทังสเตน ขนาด 100 W			หลอดไอปรอทความดันไอต่ำ ขนาด 2x40W		
-	-	-	47	30	550
-	-	-	50	25	465
74	20	353	54.5	20	373
84	15	270	60.5	15	290
103	10	182	71	10	191
120	8	153	77.5	8	161
143	5	96	93.5	5	100
220	2	40	137	2	44



ตารางที่ ๕.๑๓ (ข)

การปรับเครื่องมือวัดพลังงานแสงกับลักซ์มิเตอร์ด้วยหลอดกำเนิดแสง ๔ ชนิด  
เมื่อใช้ซีลีเนียมร่วมกับอะคริลิกพลาสติกสีเขียว เป็นตัวรับพลังงานแสง

หลอดไอโซเดียมความดันไอต่ำขนาด 135W			หลอดไอปรอทความดันไอสูงขนาด 125W		
ระยะทาง (เซนติเมตร)	ลักซ์มิเตอร์ (ฟุต-แคนเดิล)	เครื่องมือวัดพลังงานแสง (งานแสง Scale)	ระยะทาง (เซนติเมตร)	ลักซ์มิเตอร์ (ฟุต-แคนเดิล)	เครื่องมือวัดพลังงานแสง (งานแสง scale)
84	50	447	81	50	509
92.5	40	360	91	40	408
104.5	30	274	104	30	310
114.5	25	230	114	25	260
127	20	187	127.5	20	205
148	15	140	146.5	15	151
176	10	95	176	10	100
240	5	50	243	5	52
หลอดไส้ทรงเตี้นขนาด 100W			หลอดไอปรอทความดันไอต่ำขนาด 2x40W		
-	-	-	47	30	323
-	-	-	50	25	269
74	20	236	54.5	20	218
84	15	179	60.5	15	169
103	10	122	71	10	112
120	8	95	77.5	8	94
143	5	62	93.5	5	59
220	2	26	137	2	25

## ตารางที่ ๕.๑๓ (ค)

การปรับเครื่องมือวัดพลังงานแสงกับลักซ์มิเตอร์ด้วยหลอดกำเนิดแสง ๔ ชนิด

เมื่อใช้ซิลิกอนร่วมกับกระจกรองแสงสีเขียว ๒ ชั้น และอะคริลิกพลาสติกสีเขียว

หลอดไอโซเดียมความดันไอต่ำ ขนาด 135 W			หลอดไอปรอทความดันไอสูงขนาด 125 W		
ระยะทาง (เซนติเมตร)	ลักซ์มิเตอร์ (ฟุต-แคนเดิล)	เครื่องวัดพลัง งานแสง (Scale)	ระยะทาง (เซนติเมตร)	ลักซ์มิเตอร์ (ฟุต-แคนเดิล)	เครื่องวัดพลัง งานแสง (Scale)
92.5	40	885	91	40	900
104.5	30	758	104	30	812
114.5	25	660	114	25	747
127	20	524	127.5	20	635
148	15	398	146.5	15	465
176	10	242	176	10	290
240	5	116	243	5	131
หลอดไส้ทังสเตน ขนาด 100 W			หลอดไอปรอทความดันไอต่ำขนาด 2x40 W		
-	-	-	47	30	960
-	-	-	50	25	820
74	20	1,097	54.5	20	660
84	15	1,077	60.5	15	490
103	10	850	71	10	314
120	8	680	77.5	8	248
143	5	415	93.5	5	141
220	2	132	137	2	42



## ตารางที่ ๕.๑๔

การปรับเครื่องมือวัดพลังงานแสงเทียบกับไพราโนมิเตอร์

ไพราโนมิเตอร์		ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง มือวัดพลังงานแสง (Scale)
mV	*mW/cm <sup>2</sup>	
1.15	13.375	122
1.35	15.70	143
1.65	19.19	176
1.85	21.516	200
2.05	23.842	225
2.25	26.168	241
4.65	54.08	490
4.76	55.359	505
5.15	59.895	546
5.25	61.058	557
5.30	61.639	562
5.45	63.384	578
6.05	70.362	642
6.30	73.269	668
6.40	74.432	679

\*mW/cm<sup>2</sup> หาได้จากความสัมพันธ์ : mW/cm<sup>2</sup> = 11.63 x (mV)

$$\left[ \begin{array}{l} \therefore \text{ความไวของไพราโนมิเตอร์} \\ \text{และ } 1 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min} \end{array} \right. \begin{array}{l} = 6 \text{ mV/cal. cm}^2 \cdot \text{min}^{-1} \\ = 69.78 \text{ mW/cm}^2 \end{array} \left. \right]$$

## ตารางที่ ๕-๑๔

การวัด open circuit voltage ของซิลิกอนเทียบกับไพราโนมิเตอร์

ไพราโนมิเตอร์		Open circuit voltage (volts)
mV	*mW/cm <sup>2</sup>	
0.19	2.2097	0.26
0.28	3.2564	0.315
0.41	4.7683	0.36
0.48	5.5824	0.375
0.86	10.0018	0.435
1.43	16.6309	0.47
1.64	19.0732	0.475
2.05	23.8415	0.485
2.36	27.4468	0.495
3.28	38.1464	0.51
5.64	65.5932	0.52

\* mW/cm<sup>2</sup> หาได้จากความสัมพันธ์ : mW/cm<sup>2</sup> = 11.63 x mV

## ตารางที่ ๕.๑๖

ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดพลังงานแสง

อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ )	ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดพลังงานแสง (Scale)
20	248
25	246
32	240
35	235
40	233
45	230
50	228



## ตารางที่ ๕.๑๗

ผลของมุมตกกระทบและ edge effect ที่มีต่อค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดพลังงานแสง

องศา ( $\theta$ )	เมื่อยังไม่ได้แก้ edge effect		เมื่อได้แก้ edge effect แล้ว		$\cos \theta$
	ค่าที่อ่านได้ (Scale)	ค่าเปรียบเทียบ	ค่าที่อ่านได้ (Scale)	ค่าเปรียบเทียบ	
-90	0	0.0	0	0.0	0.0
-80	1	0.0114	1	0.0114	0.174
-70	10	0.1136	13	0.01477	0.342
-60	28	0.3182	32	0.3636	0.50
-50	45	0.5114	50	0.5682	0.643
-40	60	0.6818	65	0.7386	0.766
-30	73	0.8295	75	0.8523	0.866
-20	81	0.9205	81	0.9205	0.94
-10	86	0.9773	86	0.9773	0.985
0	88	1.0	88	1.0	1.0
10	86	0.9773	86	0.9773	0.985
20	81	0.9205	81	0.9205	0.94
30	71	0.8068	73	0.8295	0.866
40	56	0.6364	59	0.6705	0.766
50	41	0.4659	45	0.5114	0.643
60	24	0.2727	27	0.3068	0.50
70	9	0.1023	10	0.1136	0.342
80	1	0.0114	1	0.0114	0.174
90	0	0.0	0	0.0	0.0

TABLE II  
EXTRATERRESTRIAL SOLAR IRRADIANCE (SOLAR CONSTANT = 1353 W/m<sup>2</sup>)  
(FROM THEAKARA [7])  
SOLAR SPECTRAL IRRADIANCE - STANDARD CURVE

$\lambda$  - Wavelength in micrometers  
 $E_{\lambda}$  - Solar spectral irradiance averaged over small bandwidth centered at  $\lambda$ , in  $W m^{-2} \mu m^{-1}$   
 $E_{0-\lambda}$  - Integrated solar irradiance in the wavelength range 0 to  $\lambda$ , in  $W m^{-2}$   
 $D_{0-\lambda}$  - Percentage of solar constant associated with wavelengths shorter than  $\lambda$   
 Solar constant = 1353  $W m^{-2}$   
 Note: lines indicate change in wavelength interval of integration

$\lambda$	$E_{\lambda}$	$E_{0-\lambda}$	$D_{0-\lambda}$	$\lambda$	$E_{\lambda}$	$E_{0-\lambda}$	$D_{0-\lambda}$	$\lambda$	$E_{\lambda}$	$E_{0-\lambda}$	$D_{0-\lambda}$
.115	.007	.0025	.0001	.510	1.882	324.926	24.015	1.55	267	1146.109	87.665
.120	.900	.0048	.0102	.515	1.873	324.214	24.701	1.60	245	1149.909	86.611
.125	.007	.0070	.0005	.520	1.833	343.379	25.379	1.65	223	1216.609	89.475
.130	.007	.0071	.0105	.525	1.852	352.591	26.059	1.70	202	1221.234	90.261
.140	.030	.0073	.0005	.530	1.842	361.826	26.742	1.75	180	1230.784	90.967
.150	.070	.0078	.0025	.535	1.818	370.976	27.418	1.80	159	1239.259	91.593
.160	.230	.0092	.0006	.540	1.782	379.973	28.084	1.85	142	1246.784	92.149
.170	.630	.0136	.0010	.545	1.754	388.921	28.737	1.90	126	1253.484	92.644
.180	1.250	.0230	.0016	.550	1.725	397.819	29.390	1.95	114	1259.484	93.088
.190	2.710	.0428	.0031	.555	1.720	406.131	30.017	2.00	103	1264.909	93.489
.200	10.7	.1098	.0081	.560	1.655	414.660	30.648	2.1	90	1274.559	94.2024
.210	22.9	.2778	.0235	.565	1.705	423.169	31.276	2.2	79	1284.409	94.8269
.220	57.5	.6734	.0507	.570	1.712	431.711	31.927	2.3	65	1294.409	95.3739
.225	64.9	.9454	.0724	.575	1.719	440.289	32.561	2.4	62	1296.954	95.8580
.230	66.7	1.3148	.0971	.580	1.715	448.874	33.176	2.5	55	1302.809	96.2903
.235	59.3	1.6298	.1204	.585	1.717	457.441	33.809	2.6	48	1307.959	96.6710
.240	63.0	1.9356	.1430	.590	1.700	465.971	34.439	2.7	43	1312.509	97.0073
.245	72.3	2.2738	.1680	.595	1.682	474.426	35.064	2.8	39	1316.609	97.3103
.250	70.4	2.6306	.1944	.600	1.666	482.795	35.683	2.9	35	1320.309	97.5836
.255	104.0	3.0566	.2266	.605	1.647	491.079	36.295	3.0	31	1323.609	97.8277
.260	130	3.6516	.269	.61	1.635	499.284	36.907	3.1	26.0	1326.459	98.0393
.265	185	4.4391	.328	.62	1.602	515.457	37.495	3.2	22.6	1329.889	98.2179
.270	232	5.4816	.405	.63	1.570	531.329	38.070	3.3	19.7	1333.979	98.3724
.275	284	6.5716	.485	.64	1.544	546.909	38.621	3.4	16.6	1337.769	98.5037
.280	282	7.6264	.564	.65	1.511	562.174	39.150	3.5	14.6	1341.209	98.6200
.285	319	8.9791	.643	.66	1.486	577.159	39.657	3.6	13.5	1344.304	98.7236
.289	482	10.9714	.810	.67	1.456	591.869	40.144	3.7	12.3	1347.074	98.8192
.295	584	13.6266	1.007	.68	1.427	606.284	40.610	3.8	11.1	1349.494	98.9056
.300	514	16.3816	1.210	.69	1.402	620.429	41.055	3.9	10.3	1351.604	98.9847
.305	603	19.1741	1.417	.70	1.369	634.284	41.479	4.0	9.5	1353.454	99.0573
.310	689	22.4041	1.655	.71	1.344	647.849	41.882	4.1	8.70	1354.964	99.1251
.315	786	26.0366	1.924	.72	1.314	661.139	42.264	4.2	7.90	1356.164	99.1868
.320	830	30.2216	2.218	.73	1.290	674.169	42.626	4.3	7.10	1357.014	99.24124
.325	975	34.9341	2.552	.74	1.265	686.909	42.969	4.4	6.50	1357.514	99.28950
.330	1059	39.6131	2.928	.75	1.233	699.374	43.291	4.5	5.92	1357.814	99.33270
.335	1081	44.9691	3.323	.76	1.211	711.614	43.595	4.6	5.35	1357.964	99.37050
.340	1074	50.3566	3.721	.77	1.185	723.594	43.880	4.7	4.86	1357.964	99.40370
.345	1089	55.7141	4.117	.78	1.164	735.314	44.146	4.8	4.47	1357.824	99.43127
.350	1093	61.1191	4.517	.79	1.134	746.779	44.394	4.9	4.11	1357.524	99.45299
.355	1083	66.5591	4.919	.80	1.109	757.994	44.623	5.0	3.79	1357.064	99.46819
.360	1068	71.9266	5.316	.81	1.085	768.966	44.834	6	1.9200	1356.364	99.47190
.365	1132	77.4366	5.723	.82	1.060	779.694	45.027	7	.9900	1355.669	99.47335
.370	1181	83.2191	6.150	.83	1.035	790.174	45.201	8	.5850	1354.714	99.47155
.375	1157	89.0641	6.582	.84	1.013	800.419	45.356	9	.3670	1353.614	99.46673
.380	1128	94.7666	7.003	.85	990	810.434	45.499	10	.2410	1352.314	99.45920
.385	1098	100.3016	7.413	.86	960	820.224	45.622	11	.1680	1350.814	99.44920
.390	1058	105.7916	7.819	.87	947	829.799	45.730	12	.1170	1349.114	99.43662
.395	1189	111.5091	8.241	.88	926	839.164	45.822	13	.0851	1347.224	99.42209
.400	1425	118.0541	8.725	.89	907	848.334	45.900	14	.0634	1345.167	99.40578
.405	1644	125.7366	9.243	.90	891	857.329	45.965	15	.0481	1342.924	99.388170
.410	1751	134.224	9.825	.91	880	866.184	46.019	16	.037100	1340.490	99.36865
.415	1774	142.036	10.571	.92	869	874.924	46.065	17	.027100	1337.824	99.34730
.420	1747	151.839	11.222	.93	858	883.544	46.104	18	.021100	1334.854	99.32402
.425	1693	160.473	11.855	.94	847	892.049	46.136	19	.01600	1331.574	99.29877
.430	1639	169.769	12.473	.95	827	900.404	46.162	20	.011520	1327.994	99.27159
.435	1667	177.674	13.081	.96	820	908.504	46.181	21	.00817	1324.114	99.24202
.440	1610	185.704	13.727	.97	803	916.364	46.196	22	.00597	1319.934	99.21059
.445	1922	194.036	14.415	.98	785	924.044	46.205	23	.00416	1315.464	99.17765
.450	2006	204.856	15.140	.99	777	931.604	46.208	24	.00292	1310.724	99.14297
.455	2057	215.014	15.891	1.00	768	939.044	46.208	25	.002191	1305.724	99.10694
.460	2044	225.321	16.653	1.01	688	975.584	47.2105	30	.0019200	1352.9156	99.99967
.465	2048	235.606	17.413	1.10	553	1007.109	48.435	40	.0006165	1352.9181	99.99528
.470	2022	245.829	18.167	1.15	575	1034.309	49.519	50	.0002775	1352.9181	99.99492
.475	2044	251.001	18.981	1.20	488	1063.804	50.604	120	.0001264	1352.9181	99.99559
.480	2074	256.296	19.811	1.25	479	1081.884	51.109	150	.0000573	1352.9181	99.99597
.485	1974	276.421	20.810	1.35	387	1104.750	51.852	200	.0000214	1352.9181	99.99643
.490	1548	445.276	21.155	1.35	357	1117.634	52.047	250	.00000775	1352.9181	99.99693
.495	1486	296.011	21.878	1.42	322	1141.019	52.331	300	.00000374	1352.9181	99.99749
.500	1842	306.766	22.854	1.45	311	1157.234	52.630	400	.00000191	1352.9181	99.99794
.505	1570	314.421	23.312	1.50	282	1172.234	52.833	500	.00000081	1352.9181	99.99808



**3 1/2 DIGIT  
SINGLE-CHIP CMOS  
A/D CONVERTER**

**INTERMIL**

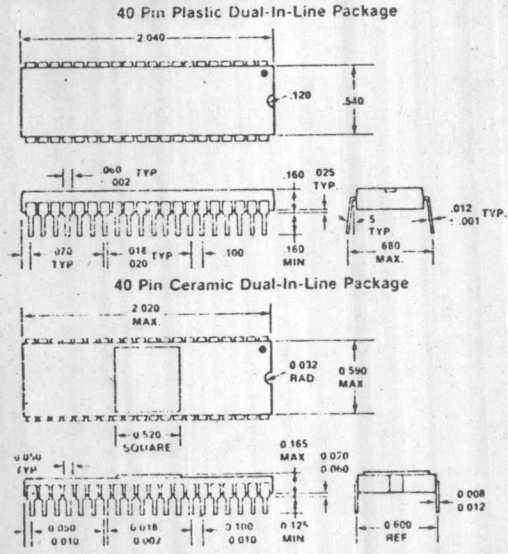
**ICL7106  
ICL7107**



**FEATURES**

- Accuracy guaranteed to ±1 count over entire 12000 counts
- Guaranteed zero reading for 0 volts input
- True polarity at zero count for precise null detection
- Single reference voltage for ratiometric operation
- On-board clock and reference
- Drives displays directly without buffering, etc.
  - LCD ICL7106
  - LED ICL7107
- Digit suppression gives visual indication of over range
- Low Power Consumption - - 10mw @ 10V
- Low Noise - typically 15µV
- Differential Input from 200mV to 2.000V full scale

**PACKAGE DIMENSIONS**

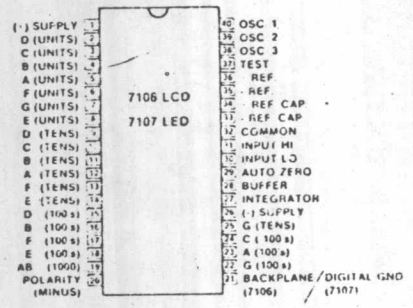


**GENERAL DESCRIPTION**

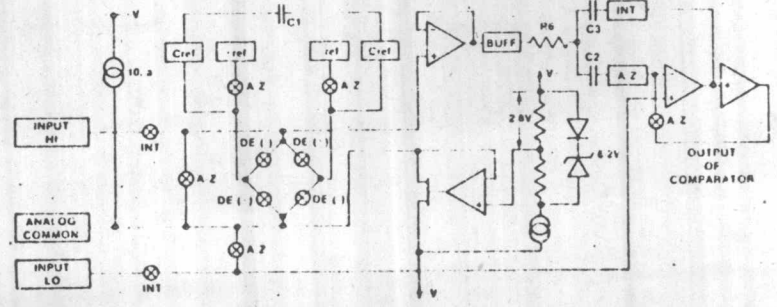
The ICL7106/7107 are high performance, low power, CMOS 3 1/2 digit A/D converters that contain all the necessary active devices on a single monolithic IC. Each with its parallel seven segment outputs, make them ideally suited for the visual display DVM/DPM, etc. market. The ICL7106 will directly drive a liquid crystal display (LCD) including backplane drive. The ICL7107 will directly drive instrument size light emitting diode displays (LED) without buffering. With seven passive components, display and power supply, the system forms a complete digital voltmeter with automatic zero connection and automatic polarity.

The system uses the time-proven dual slope integration technique with all its advantages, i.e., non-critical components, high rejection of noise and ad signals, non-critical clock frequency and almost perfect differential linearity. Both the ICL7106/7107 can be used not only with its internal reference, but true ratiometric reading applications may also be accomplished over a full scale input range from 199.9 millivolts to 1.999 volts.

**PIN CONFIGURATION**



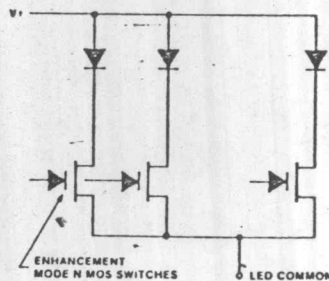
**FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM OF ANALOG SECTION**





**ELECTRICAL SPECIFICATIONS ICL7106/7107** (at 25°C unless otherwise specified)

Full Scale Voltage Range	±200mv (5.0V min V+ to V-) ±2.0V (6.0V min V+ to V-)																
Full Scale Digital Range	±2000 Counts																
Common Mode Voltage Range	V+ minus 0.5V to V-, plus 1V																
Accuracy 10°C to 50°C with external reference	± 1/2 Count																
Noise referred to Input	15µV typical																
Zero width	0 - 1 transition at .7 to .9 counts																
Turnover	< 1 Count																
Input circuit	Differential																
Input Bias Current	2pA																
Input Impedance	> 10 <sup>12</sup> ohm																
Polarity	Automatic with neg sign displayed																
Reference (Internal)	Internal 2.8V, referenced to V+ Temperature Coefficient 100ppm typical.																
Reference (External)	External reference must be in the range V+ to V-																
Conversion Characteristic	Dual Slope w AZ Sig Time = 1000 Ref Time = 0-2000 AZ Time = 1000 + (2000 - Ref Time)																
Recommended External Components	<table border="0"> <tr> <td>200MV Full Scale</td> <td>2V Full Scale</td> </tr> <tr> <td>C<sub>3</sub>=Int Cap 0.22µF</td> <td>C<sub>3</sub>=Int Cap 0.22µF</td> </tr> <tr> <td>C<sub>2</sub>=AZ Cap 0.47µF</td> <td>C<sub>2</sub>=AZ Cap 0.047µF</td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub>=Ref Cap 0.1µF</td> <td>C<sub>1</sub>=Ref Cap 0.1µF</td> </tr> <tr> <td>C<sub>4</sub>=Clock Cap 100pF</td> <td>C<sub>4</sub>=Clock Cap 100pF</td> </tr> <tr> <td>R<sub>6</sub>=Int Res 47KΩ</td> <td>R<sub>6</sub>=Int Res 470KΩ</td> </tr> <tr> <td>R<sub>3</sub>=Clock Res 100KΩ</td> <td>R<sub>3</sub>=Clock Res 100KΩ</td> </tr> <tr> <td>R<sub>2</sub>=Short</td> <td>R<sub>2</sub>=Short</td> </tr> </table>	200MV Full Scale	2V Full Scale	C <sub>3</sub> =Int Cap 0.22µF	C <sub>3</sub> =Int Cap 0.22µF	C <sub>2</sub> =AZ Cap 0.47µF	C <sub>2</sub> =AZ Cap 0.047µF	C <sub>1</sub> =Ref Cap 0.1µF	C <sub>1</sub> =Ref Cap 0.1µF	C <sub>4</sub> =Clock Cap 100pF	C <sub>4</sub> =Clock Cap 100pF	R <sub>6</sub> =Int Res 47KΩ	R <sub>6</sub> =Int Res 470KΩ	R <sub>3</sub> =Clock Res 100KΩ	R <sub>3</sub> =Clock Res 100KΩ	R <sub>2</sub> =Short	R <sub>2</sub> =Short
200MV Full Scale	2V Full Scale																
C <sub>3</sub> =Int Cap 0.22µF	C <sub>3</sub> =Int Cap 0.22µF																
C <sub>2</sub> =AZ Cap 0.47µF	C <sub>2</sub> =AZ Cap 0.047µF																
C <sub>1</sub> =Ref Cap 0.1µF	C <sub>1</sub> =Ref Cap 0.1µF																
C <sub>4</sub> =Clock Cap 100pF	C <sub>4</sub> =Clock Cap 100pF																
R <sub>6</sub> =Int Res 47KΩ	R <sub>6</sub> =Int Res 470KΩ																
R <sub>3</sub> =Clock Res 100KΩ	R <sub>3</sub> =Clock Res 100KΩ																
R <sub>2</sub> =Short	R <sub>2</sub> =Short																
Clock Frequency	48KHz divided by 4 An internal divide by 4 counter is provided to count external oscillators down to 12KHz, the internal dual slope clock.																
Display Outputs (LED ICL7107)	22 current limited segment drives plus one current limited neg sign drive plus LED common Note: The 2 die in the 1K bit are in parallel																
Display Outputs (LCD ICL7106)	22 segment drives plus one neg sign drive plus LCD back plane drive																
LED (7107) current @ +5.0V	5.5 to 8.0ma																
LED Display Output Ckt																	

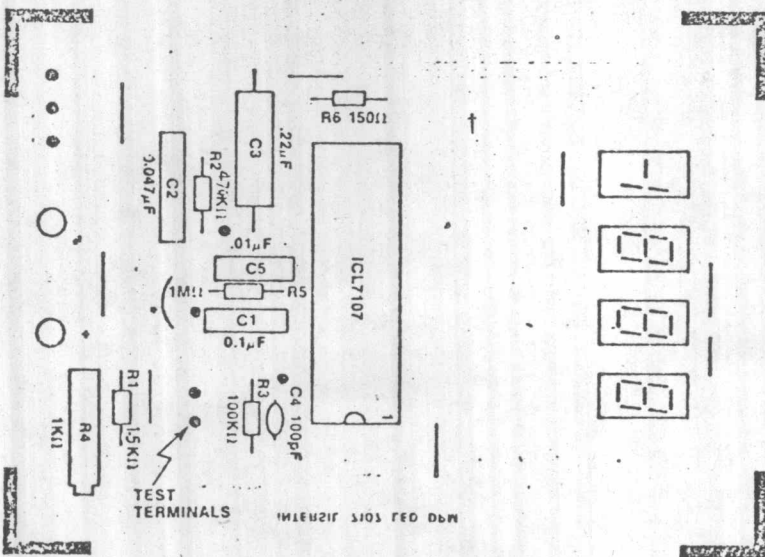
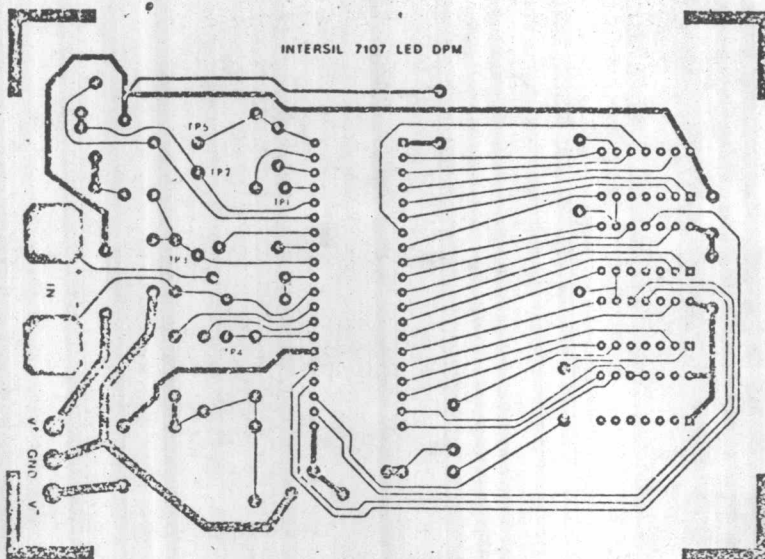
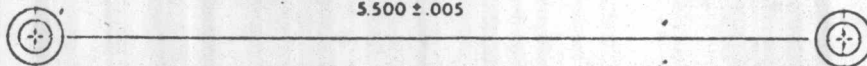


Power Requirements	LCD: 1ma @ 4.5 - 6V LED: 1ma @ 4.5 - 6V, plus LED current
Power supply configuration (7107)	Dual +4.5 to +6V and -3 to -6V @ 1ma Note: For inputs that remain within the CM voltage range only a single supply is required
Digital Input Signals (7106)	Test Single 5 to 12V A high on the test input turns on all segments and the minus sign.
Read Rate	3 Readings per second with 12KHz internal clock (48KHz external clock). Accurate from .1 to 15 reading per second.

Intersil cannot assume responsibility for use of any circuitry described other than circuitry entirely embodied in an Intersil product. No other circuit patent licenses are implied. Intersil reserves the right to change without notice at any time the circuitry and specifications.

APPENDIX II: 7107 Printed Circuit Board Layout and Component Placement

5.500 ± .005



\* Jumpers can be inserted here to short IN LO to GND or COMMON.  
 \* Jumper to decimal point if required.

Intersil can not assume responsibility for use of any circuitry described other than circuitry entirely enclosed in an Intersil product. No other circuit



# Voltage Regulators

## LM309 five-volt regulator

### general description

The LM309 is a complete 5V regulator fabricated on a single silicon chip. It is designed for local regulation on digital logic cards, eliminating the distribution problems associated with single-point regulation. The device is available in two common transistor packages. In the solid-kovar TO-5 header, it can deliver output currents in excess of 200 mA, if adequate heat sinking is provided. With the TO-3 power package, the available output current is greater than 1A.

The regulator is essentially blow-out proof. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. In addition, thermal shutdown is provided to keep the IC from overheating. If internal dissipation becomes too great, the regulator will shut down to prevent excessive heating.

Considerable effort was expended to make the LM309 easy to use and minimize the number of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient

response somewhat. Input bypassing is needed, however, if the regulator is located very far from the filter capacitor of the power supply. Stability is also achieved by methods that provide very good rejection of load or line transients as are usually seen with TTL logic.

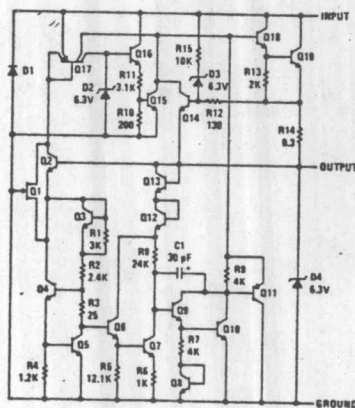
Although designed primarily as a fixed-voltage regulator, the output of the LM309 can be set to voltages above 5V, as shown below. It is also possible to use the circuit as the control element in precision regulators, taking advantage of the good current-handling capability and the thermal overload protection.

To summarize, outstanding features of the regulator are:

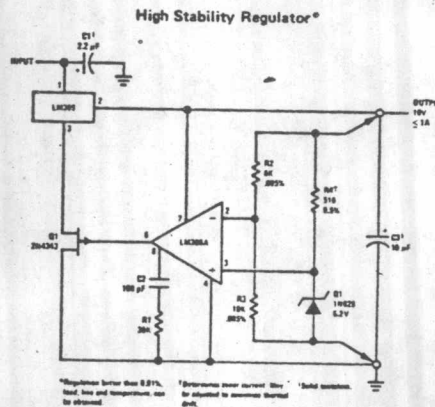
- Specified to be compatible, worst case, with TTL and DTL
- Output current in excess of 1A
- Internal thermal overload protection
- No external components required



### schematic diagram



### typical application



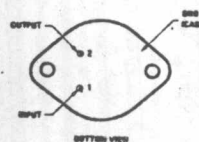
### connection diagrams

TO-5 (H)



Order Number LM309H  
See Package 9

TO-3 (K)



Order Number LM309K  
See Package 18



LM309

**absolute maximum ratings**

Input Voltage	35V
Power Dissipation	Internally Limited
Operating Junction Temperature Range	0°C to 125°C
Storage Temperature Range	-65°C to 150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	300°C



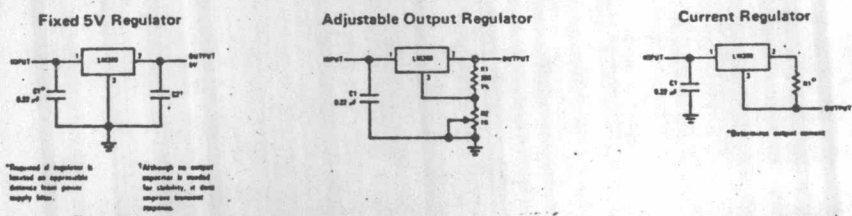
**design characteristics (Note 1)**

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}$	4.8	5.05	5.2	V
Line Regulation	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $7\text{V} \leq V_{IN} \leq 25\text{V}$		4.0	50	mV
Load Regulation	$T_j = 25^\circ\text{C}$		20	50	mV
LM309H	$5\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 0.5\text{A}$		50	100	mV
LM309K	$5\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 1.5\text{A}$				mV
Output Voltage	$7\text{V} \leq V_{IN} \leq 25\text{V}$ $5\text{mA} \leq I_{OUT} \leq I_{max}$ $P < P_{max}$	4.75		5.25	V
Quiescent Current	$7\text{V} \leq V_{IN} \leq 25\text{V}$		5.2	10	mA
Quiescent Current Change	$7\text{V} \leq V_{IN} \leq 25\text{V}$ $5\text{mA} \leq I_{OUT} \leq I_{max}$			0.5	mA
				0.8	mA
Output Noise Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $10\text{Hz} \leq f \leq 100\text{kHz}$		40		$\mu\text{V}$
Long Term Stability				20	mV
Thermal Resistance					$^\circ\text{C/W}$
Junction to Case (Note 2)			15		$^\circ\text{C/W}$
LM309H			3.0		$^\circ\text{C/W}$
LM309K					$^\circ\text{C/W}$

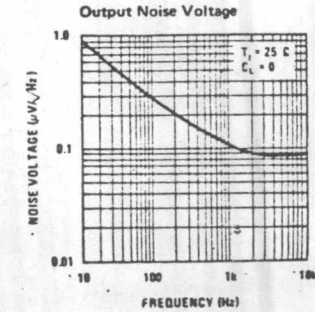
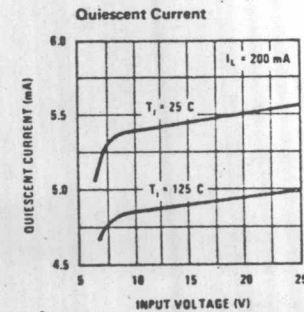
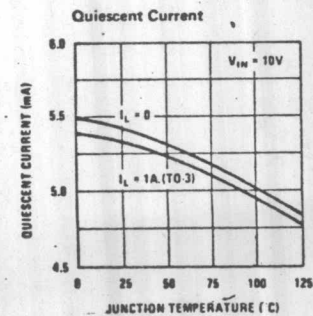
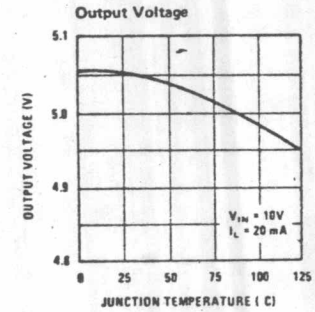
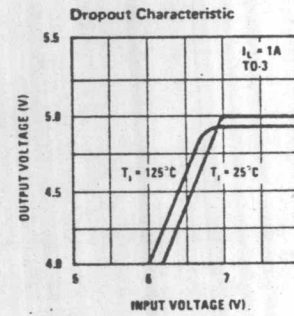
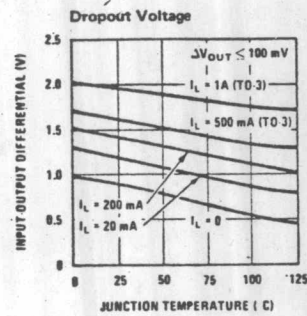
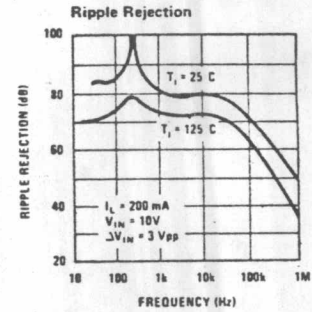
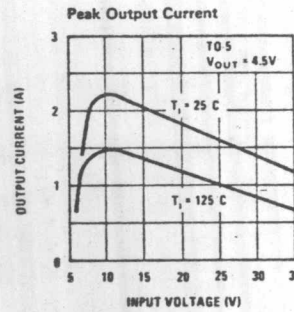
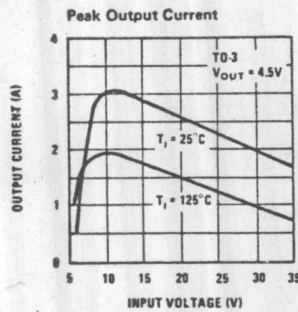
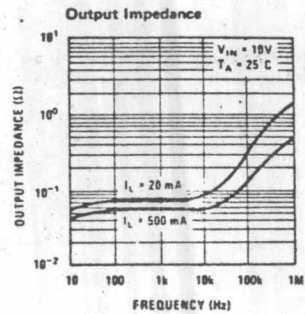
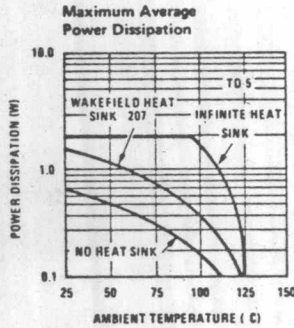
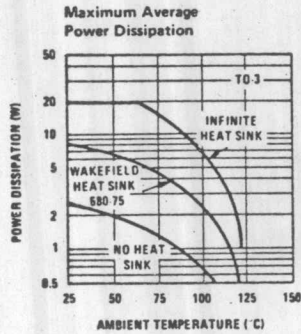
**Note 1:** Unless otherwise specified, these specifications apply for  $0^\circ\text{C} \leq T_j \leq 125^\circ\text{C}$ ,  $V_{IN} = 10\text{V}$  and  $I_{OUT} = 0.1\text{A}$  for the LM309H or  $I_{OUT} = 0.5\text{A}$  for the LM309K. For the LM309H,  $I_{max} = 0.2\text{A}$  and  $P_{max} = 2.0\text{W}$ . For the LM309K,  $I_{max} = 1.0\text{A}$  and  $P_{max} = 20\text{W}$ .

**Note 2:** Without a heat sink, the thermal resistance of the TO-5 package is about  $150^\circ\text{C/W}$ , while that of the TO-3 package is approximately  $35^\circ\text{C/W}$ . With a heat sink, the effective thermal resistance can only approach the values specified, depending on the efficiency of the sink.

**typical applications(con't)**



typical performance characteristics





# Operational Amplifiers

## LM301A operational amplifier general description

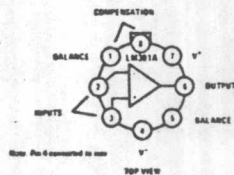
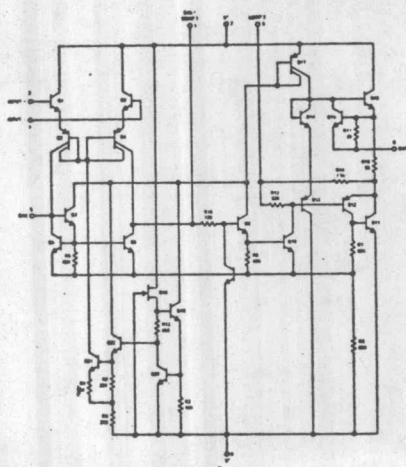
The LM301A is a general-purpose operational amplifier which features improved performance over the 709C and other popular amplifiers. Advanced processing techniques make possible an order of magnitude reduction in input currents, and a redesign of the biasing circuitry reduces the temperature drift of input current.

This amplifier offers many features which make its application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, freedom from oscillations and compensation with a single 30 pF capacitor. It has advantages over internally compensated amplifiers in that the compensation can be tailored to the particular application. For

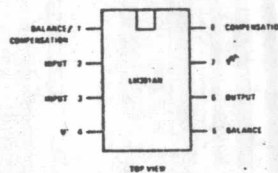
example, as a summing amplifier, slew rates of 10 V/ $\mu$ s and bandwidths of 10 MHz can be realized. In addition, the circuit can be used as a comparator with differential inputs up to  $\pm 30$ V; and the output can be clamped at any desired level to make it compatible with logic circuits.

The LM301A provides better accuracy and lower noise than its predecessors in high impedance circuitry. The low input currents also make it particularly well suited for long interval integrators or timers, sample and hold circuits and low frequency waveform generators. Further, replacing circuits where matched transistor pairs buffer the inputs of conventional IC op amps, it can give lower offset voltage and drift at reduced cost.

## schematic\*\* and connection diagrams



Order Number LM301AH  
See Package 11

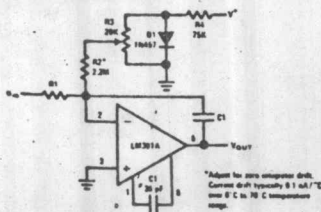


Order Number LM301AN  
See Package 20

2

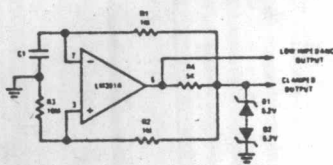
## typical applications \*\*

Integrator with Bias Current Compensation

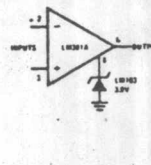


\*Adjust for zero integrator drift. Current drift typically 0.1 nA/ $^{\circ}$ C over 0 $^{\circ}$ C to 70 $^{\circ}$ C temperature range.

Low Frequency Square Wave Generator



Voltage Comparator for Driving DTL or TTL Integrated Circuits



\*\*Pin connections shown are for metal can.



## absolute maximum ratings

Supply Voltage	±18V
Power Dissipation (Note 1)	500 mW
Differential Input Voltage	±30V
Input Voltage (Note 2)	±15V
Output Short-Circuit Duration (Note 3)	Indefinite
Operating Temperature Range	0°C to 70°C
Storage Temperature Range	-65°C to 150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	300°C

## electrical characteristics (Note 4)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $R_S \leq 50\text{ k}\Omega$		2.0	7.5	mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		3	50	nA
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		70	250	nA
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.5	2		M $\Omega$
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_S = \pm 15\text{V}$		1.8	3.0	mA
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_S = \pm 15\text{V}$ $V_{OUT} = \pm 10\text{V}$ , $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	25	160		V/mV
Input Offset Voltage	$R_S \leq 50\text{ k}\Omega$			10	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage			6.0	30	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current				70	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current	$25^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 25^\circ\text{C}$		0.01 0.02	0.3 0.6	nA/ $^\circ\text{C}$ nA/ $^\circ\text{C}$
Input Bias Current				300	nA
Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 15\text{V}$ , $V_{OUT} = \pm 10\text{V}$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	15			V/mV
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 15\text{V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$ $R_L = 2\text{ k}\Omega$	±12 ±10	±14 ±13		V V
Input Voltage Range	$V_S = \pm 15\text{V}$	±12			V
Common Mode Rejection Ratio	$R_S \leq 50\text{ k}\Omega$	70	90		dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$R_S \leq 50\text{ k}\Omega$	70	96		dB

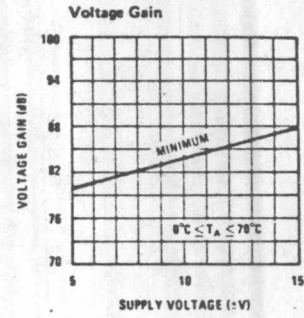
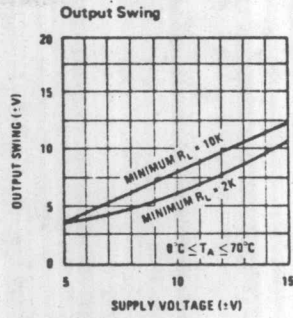
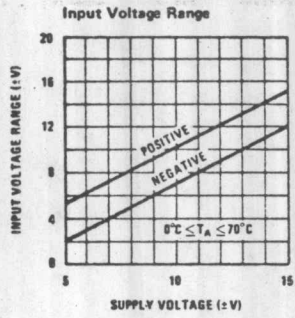
Note 1: For operating at elevated temperatures, the device must be derated based on a 100°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 150°C/W junction to ambient or 45°C/W junction to case.

Note 2: For supply voltages less than ±15V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

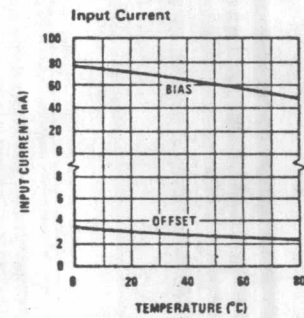
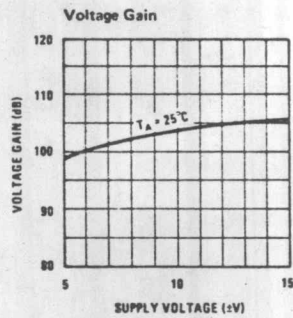
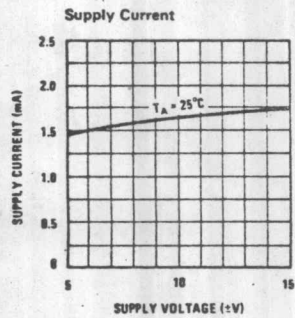
Note 3: Continuous short circuit is allowed for case temperatures to 70°C and ambient temperatures to 55°C.

Note 4: These specifications apply for  $0^\circ\text{C} \leq T_A < 70^\circ\text{C}$ ,  $\pm 5\text{V} \leq V_S \leq \pm 15\text{V}$  and  $C_1 = 30\text{ pF}$  unless otherwise specified.

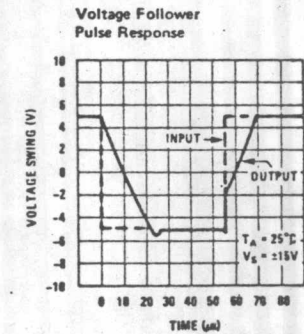
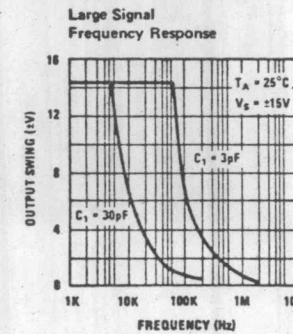
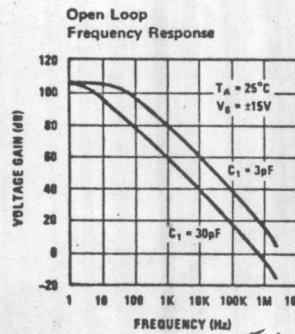
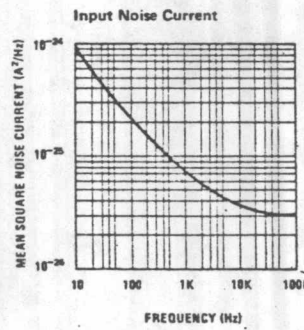
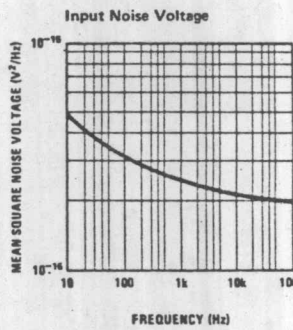
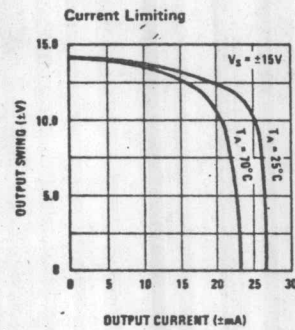
guaranteed performance characteristics



typical performance characteristics

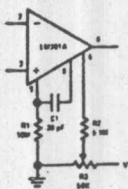


2

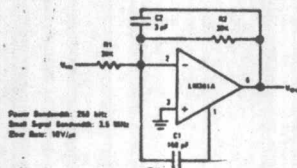


typical applications \*\* (con't)

Standard Compensation and Offset Balancing Circuit

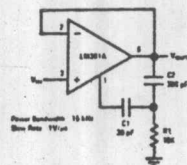


Fast Summing Amplifier



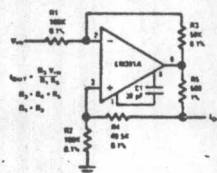
Power Bandwidth: 250 kHz  
Small Signal Bandwidth: 3.5 MHz  
Slew Rate: 10V/μs

Fast Voltage Follower



Power Bandwidth: 10 MHz  
Slew Rate: 10V/μs

Bilateral Current Source



\*\*Pin connections shown are for metal can.





# Operational Amplifiers

## LM741/LM741C operational amplifier

### general description

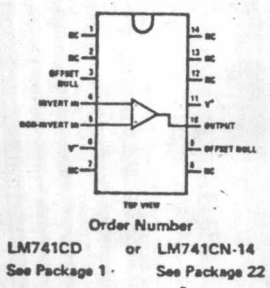
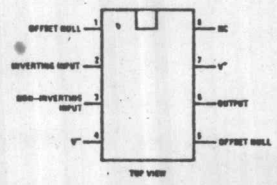
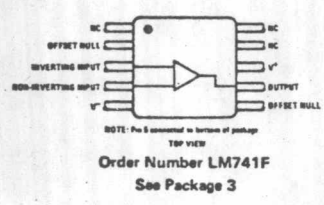
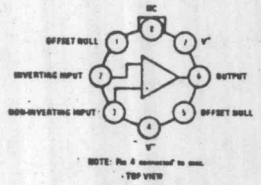
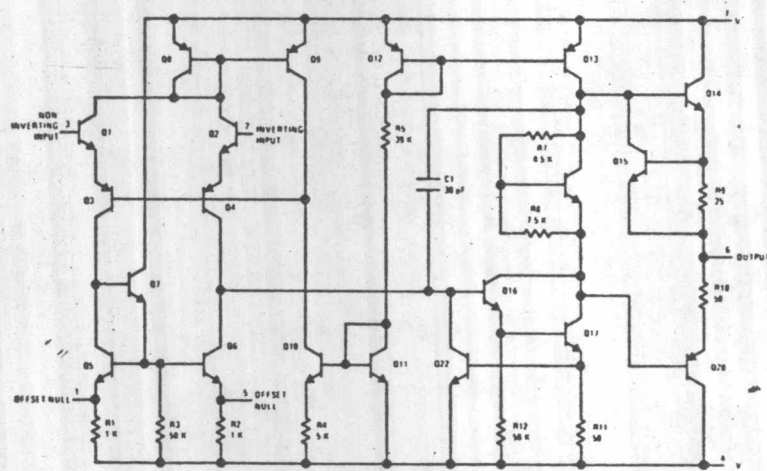
The LM741 and LM741C are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

The offset voltage and offset current are guaranteed over the entire common mode range. The amplifiers also offer many features which make

their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C is identical to the LM741 except that the LM741C has its performance guaranteed over a 0°C to 70°C temperature range, instead of -55°C to 125°C.

### schematic and connection diagrams



2

## absolute maximum ratings

Supply Voltage	LM741	±22V
	LM741C	±18V
Power Dissipation (Note 1)		500 mW
Differential Input Voltage		±30V
Input Voltage (Note 2)		±15V
Output Short-Circuit Duration		Indefinite
Operating Temperature Range	LM741	-55°C to 125°C
	LM741C	0°C to 70°C
Storage Temperature Range		-65°C to 150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)		300°C

## electrical characteristics (Note 3)

PARAMETER	CONDITIONS	LM741			LM741C			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$		1.0	5.0		1.0	6.0	mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		30	200		30	200	nA
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		200	500		200	500	nA
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.3	1.0		0.3	1.0		M $\Omega$
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_S = \pm 15\text{V}$		1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_S = \pm 15\text{V}$ $V_{OUT} = \pm 10\text{V}$ , $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	50	160		25	160		V/mV
Input Offset Voltage	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$			6.0			7.5	mV
Input Offset Current				500			300	nA
Input Bias Current				1.5			0.8	$\mu\text{A}$
Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 15\text{V}$ , $V_{OUT} = \pm 10\text{V}$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	25			15			V/mV
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 15\text{V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$ $R_L = 2\text{ k}\Omega$	±12 ±10	±14 ±13		±12 ±10	±14 ±13		V V
Input Voltage Range	$V_S = \pm 15\text{V}$	±12			±12			V
Common Mode Rejection Ratio	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	70	90		70	90		dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	77	96		77	96		dB

Note 1: The maximum junction temperature of the LM741 is 150°C, while that of the LM741C is 100°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to case.

Note 2: For supply voltages less than ±15V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Note 3: These specifications apply for  $V_S = \pm 15\text{V}$  and  $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified. With the LM741C, however, all specifications are limited to  $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$  and  $V_S = \pm 15\text{V}$ .

## ประวัติผู้เขียน

ข้าพเจ้านาย ถนัดกิจ ชรรค์เพชร เกิดที่กรุงเทพฯ เมื่อวันที่ ๒๒ ธันวาคม พ.ศ. ๒๔๙๔  
ได้รับปริญญาบัตร วศ.บ (ไฟฟ้า) จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อพ.ศ. ๒๕๑๖ และเมื่อพ.ศ. ๒๕๑๘  
ได้รับประกาศนียบัตรชั้นสูง สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เคยทำงานที่การไฟฟ้า  
นครหลวงแล้วลาออกมาทำงานที่องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ตำแหน่งนายช่างอันดับ ๑ จนถึง  
ปัจจุบัน

