

เอกสารอ้างอิง



ภาษาไทย

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, แบบเรียนชีววิทยา เล่ม 6 (สสท) ประโยชน์ชัยม
ศึกษาตอนปลาย, โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่
1, 2526.

กลุ่มรักเกษตร, อาชีพปลูกผัก, สำนักพิมพ์ ห.จ.ก. โรงพิมพ์เอเชีย, นนทบุรี, กันยายน
2531.

ครรชิต จามรมาน, "การประยุกต์ใช้งานเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในงานโยธา,"
รายงานปัญหาพิเศษ, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.

เฉลิมศักดิ์ นามเชิงใต้, "การหาอัตราการใช้น้ำของพืชที่ปลูกโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์,"
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตมหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.

ดิเรก ทองอร่าม, การหาปริมาณการใช้น้ำของข้าว กข.6, วารสาร สายชล, เมษายน
-มิถุนายน 2522, 13-20, 2522.

ประพัฒน์ อุกโยภาค, เรียน APPLESOFT BASIC ด้วยตนเอง, เล่ม 1, 2 บริษัท
ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 14, 2532.

มูลนิธิ ตระการศักดิ์ มณีภาค, ความรู้เรื่องการปลูกผัก, สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2531.

ยีน กุ๊ววรรณ, "ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์," เล่ม 1, 3 บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น
จำกัด, 2529.

_____, "อิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรม," บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2524.

_____, "เทคนิคการประยุกต์ใช้งาน ไอซีทีทีแอล," บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,
2528.

วิบูลย์ บุญยชโรกุล, หลักการชลประทาน, ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรม
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2524

วิโรจน์ ชัยธรรม, อุทกวิทยา, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ขอนแก่น, ขอนแก่น, 2528.

สถานทูตอิสราเอล, นิตยสารอิสราเอล, ฉบับที่ 59-60 ประจำเดือนมีนาคม-เมษายน
2524, โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์, 2524.

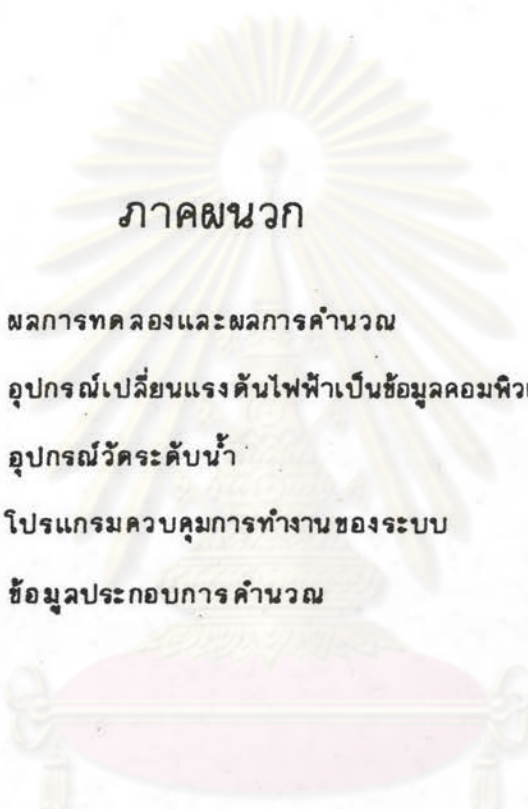
_____, นิตยสารอิสราเอล, ฉบับที่ 73-74 ประจำเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน
2525, โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์, 2525.

- สมศักดิ์ ทาทอง, "การประยุกต์ไมโครคอมพิวเตอร์ระบบควบคุมขบวนการผสมในโรงงานอาหารสัตว์, "เอกสารการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันอุดมศึกษา ครั้งที่ 8 เล่มที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขตพระนครเหนือ, 19-20 ธันวาคม 2528.
- สุรวุฒิ ประดิษฐ์ฐานนท์, อุทกวิทยา, หนังสือชุดโครงการจัดทำตำราเรียน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 2524
- สุรีย์ สอนสมบุรณ์, เกษตรชลประทานประยุกต์, กรมชลประทาน, กรุงเทพมหานคร, 2526.
- อลงกรณ์ โสภณพันธ์ุ, "การศึกษา การใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมระบบชลประทานแบบอัตโนมัติ, "วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

ภาษาอังกฤษ

- Apple Computer Inc., "Apple II Reference Manual," Coperation California, 1978.
- Carl T. Keysher, "A Digital Thermometer For The Apple II," Micro on the Apple, Volume 2, 1981.
- Lon Poole, Martin Mc Niff, Steven Cook, "Apple II User's Guide," Mc Graw-hill Book Co., 1986.
- Marvin L De Jong, "Apple II Assembly Language," Howard W.sams & Co., Inc., 1982.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

- ก. ผลการทดลองและผลการคำนวณ
- ข. อุปกรณ์เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าเป็นข้อมูลคอมพิวเตอร์
- ค. อุปกรณ์วัดระดับน้ำ
- ง. โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ
- จ. ข้อมูลประกอบการคำนวณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

ผลการทดลองและผลการคำนวณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
ผลการทดลอง และผลการคำนวณ

ตารางที่ ก.1 แสดงปริมาณการให้น้ำแก่พืช และผลการเจริญเติบโตของพืช

วันเดือนปี	เวลา (น.)	ปริมาณน้ำที่ให้			ความสูงเฉลี่ยของต้นพืช (ซม.)		
		ลบ. ซม.	มม.	PH	วิธีไฮโดรพอนิก ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์	วิธีไฮโดรพอนิก	ปลูกโดยใช้ดิน
10 พย. 32	17.00	475	0.95	6.7	-	-	-
11		475	0.95	6.7	3.4	3.7	2.8
12		525	1.05	6.7	-	-	-
13		525	1.05	6.7	-	-	-
14		550	1.10	6.7	4.4	4.2	3.8
15		550	1.10	6.7	-	-	-
16		600	1.20	6.6	-	-	-
17		600	1.20	6.6	5.8	5.2	4.6
18		735	1.47	6.6	-	-	-
19		735	1.47	6.6	-	-	-
20		780	1.56	6.5	6.3	6.0	5.5
21		780	1.56	6.5	-	-	-
22		870	1.74	6.5	-	-	-
23		870	1.74	6.5	6.9	6.7	6.3
24		955	1.91	6.4	-	-	-
25		955	1.91	6.4	-	-	-
26		910	1.82	6.5	8.0	7.6	7.2
27		1080	2.16	6.5	-	-	-
28		1010	2.20	6.5	-	-	-
29		1040	2.08	6.5	11.6	10.9	9.4
30		1260	2.52	6.6	-	-	-

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) แสดงปริมาณการให้น้ำแก่พืช และผลการเจริญเติบโตของพืช

วันเดือนปี	เวลา (น.)	ปริมาณน้ำที่ให้			ความสูงเฉลี่ยของต้นพืช (ซม.)			
		ลบ.ซม.	มม.	PH	วิธีไฮโดรพอนิก ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์	วิธีไฮโดรพอนิก	ปลูกโดยใช้ดิน	
1	ชค.32	17.00	1150	2.30	6.6	-	-	-
2			1290	2.58	6.6	13.9	13.1	11.9
3			1200	2.40	6.4	-	-	-
4			1340	2.68	6.4	-	-	-
5			1280	2.56	6.4	16.8	15.6	12.8
6			1190	2.38	6.5	-	-	-
7			1320	2.64	6.5	-	-	-
8			1240	2.48	6.5	18.2	17.6	15.4
9			1210	2.42	6.5	-	-	-
10			1290	2.58	6.5	-	-	-
11			1310	2.62	6.6	19.9	19.1	17.2
12			1240	2.48	6.6	-	-	-
13			1280	2.56	6.6	-	-	-
14			1340	2.68	6.6	20.9	20.5	19.1
15			1290	2.58	6.6	-	-	-
16			1220	2.44	6.5	-	-	-
17			1340	2.68	6.5	22.4	22.0	20.1
18			1200	2.58	6.5	-	-	-
19			1320	2.64	6.5	-	-	-
20			1300	2.60	6.5	24.9	23.8	21.3
รวม			41,810	83.62				
เฉลี่ย (มม./วัน)			1019.75	2.04				

ตารางที่ ก.2 การตรวจวัดน้ำระเหย ด้วยเครื่องแบบภาค (US Weather Bureau Class A) บริเวณแปลงเพาะปลูก

วันเดือนปี	เวลา	อุณหภูมิ	ปริมาณการระเหย (มม./วัน)
10 พย.32	17.00	25.15	4.0
11		24.85	3.0
12		24.90	3.0
13		26.10	4.5
14		24.15	3.5
15		24.10	3.0
16		25.75	2.0
17		25.15	4.0
18		24.85	3.0
19		24.05	4.5
20		23.85	2.5
21		24.70	3.5
22		25.70	4.5
23		24.80	3.0
24		26.10	3.0
25		26.75	2.0
26		27.50	4.0
27		27.20	3.0
28		26.40	3.0
29		25.90	3.5
30		25.00	3.5
1 ธค.32		24.05	3.0
2		23.40	2.5
3		22.70	2.5
4		24.20	3.5
5		24.35	4.5
6		25.00	3.0

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) การตรวจวัดน้ำระเหย ด้วยเครื่องแบบภาค (US Weather Bureau Class A) บริเวณแปลงเพาะปลูก

วันเดือนปี	เวลา	อุณหภูมิ	ปริมาณการระเหย (มม./วัน)
7 ธค.32	17.00	25.45	4.5
8		25.50	2.5
9		25.30	3.0
10		24.75	3.0
11		25.10	4.5
12		25.65	3.0
13		26.10	4.0
14		25.30	2.5
15		23.85	4.0
16		24.90	4.5
17		24.40	4.0
18		24.75	2.5
19		24.10	4.0
20		25.75	3.0
รวม			138 มม.
เฉลี่ย			3.37 (มม./วัน)

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.3 แสดงผลผลิตที่สิ้นสุดการทดลองทั้ง 3 แปลง โดยชั่งน้ำหนัก

แปลงทดลองเพาะปลูก	จำนวนต้น	น้ำหนักทั้งหมด (กรัม)		น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้น (กรัม)	
		น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
วิธีไฮโดรพอนิกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์	55	1980	412.5	36	7.5
วิธีไฮโดรพอนิกแบบทั่วไป	55	1650	308.0	30	5.6
วิธีใช้ดิน	30	720	138.0	24	4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 ผลการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_p) โดยวิธีของ PENMAN

วันเดือนปี	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	25.15	24.85	24.90	26.10	24.15	24.10	25.75	25.15	24.85	24.05	23.85
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	72.32	73.75	71.38	67.50	66.88	66.88	72.50	70.75	64.63	65.88	68.25
ปริมาณเมฆ (C _c)	7.0	6.3	5.1	4.8	6.0	6.2	6.6	6.7	5.3	6.0	4.5
ความเร็วลม, U _z (Km/day)	28.8	26.4	21.6	26.4	24.0	28.8	19.2	31.2	40.8	36.0	31.2
Q _a (mm/day)	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
$n/N = 0.745 + 0.095C_c - 0.02C_c^2$	0.43	0.55	0.71	0.74	0.64	0.56	0.50	0.48	0.69	0.60	0.77
สัมประสิทธิ์ของการสะท้อน, r	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ความดันไออิ่มตัวของบรรยากาศ, e _a	31.96	31.39	31.48	33.81	30.15	30.01	33.11	33.91	31.39	29.92	29.56
ความดันไออิ่มตัวของจุดน้ำค้าง, e _d	23.11	23.15	22.47	22.82	20.16	20.07	24.00	23.99	20.29	19.71	20.18
รังสีสะท้อนจากกัณฑ์, ρT^4 (mm/day)	15.95	15.89	15.90	16.16	15.74	15.73	16.08	15.05	15.89	15.72	15.68
รังสีสุทธิจากดวงอาทิตย์, Q _n (mm/day)	2.89	3.27	3.70	3.79	3.19	3.09	3.16	3.12	3.43	3.15	3.72
$E_a = 0.262(e_a - e_d) \times (1 + 0.0062U_z)$	2.73	2.51	2.68	3.35	3.01	3.07	2.67	3.10	3.64	3.27	2.93
$\Delta / (\Delta + \gamma)$	0.736	0.732	0.732	0.744	0.726	0.725	0.742	0.736	0.732	0.723	0.721
$\gamma / (\Delta + \gamma)$	0.264	0.268	0.268	0.256	0.274	0.275	0.258	0.264	0.268	0.277	0.279
ET _p (mm/day)	2.85	3.07	3.43	3.68	3.17	3.07	3.03	3.09	3.49	3.18	3.50

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_p) โดยวิธีของ PENMAN

วันเดือนปี	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1พค.32
อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	24.75	25.70	24.80	26.10	26.75	27.50	27.2	26.4	25.9	25.0	24.05
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	70.25	63.33	60.89	64.50	62.63	63.13	53.63	64.25	58.75	61.63	63.00
ปริมาณเมฆ (C _c)	4.9	4.3	5.4	4.8	6.0	4.2	5.1	4.8	6.0	5.3	5.2
ความเร็วลม, U _z (Km/day)	31.2	33.6	28.8	26.4	24	36	33.6	62.4	40.8	38.4	31.0
Q _A (mm/day)	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.0
$n/N = 0.745 + 0.095C_c - 0.02C_c^2$	0.73	0.78	0.68	0.74	0.60	0.79	0.71	0.74	0.60	0.69	0.70
สัมประสิทธิ์ของการสะท้อน, r	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
ความดันไออิ่มตัวของบรรยากาศ, e _s	31.11	33.02	31.29	33.81	35.13	36.76	36.07	34.41	33.41	31.67	29.92
ความดันไออิ่มตัวของจุดน้ำค้าง, e _d	21.85	20.91	19.05	21.81	22.00	23.21	19.34	22.11	19.63	19.52	18.85
รังสีสะท้อนจากวัตถุ, ρ T ⁴ (mm/day)	15.86	16.07	15.88	16.16	16.29	16.46	16.39	16.22	16.12	15.92	15.72
รังสีสุทธิจากดวงอาทิตย์, Q _n (mm/day)	3.70	3.72	3.27	3.69	3.28	3.94	3.30	3.71	3.09	3.34	2.97
$E_s = 0.262(e_s - e_d) \times (1 + 0.0062U_z)$	2.90	3.83	3.78	3.67	3.95	4.34	5.30	4.47	4.52	3.94	3.46
$\Delta / (\Delta + \gamma)$	0.731	0.741	0.732	0.744	0.751	0.758	0.755	0.747	0.743	0.734	0.723
$\gamma / (\Delta + \gamma)$	0.69	0.259	0.268	0.256	0.249	0.242	0.245	0.253	0.257	0.266	0.277
ET _p (mm/day)	3.49	3.75	3.41	3.69	3.45	4.04	3.79	3.90	3.46	3.50	3.11

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_p) โดยวิธีของ PENMAN

วันเดือนปี	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	23.40	22.70	24.20	24.35	25.00	25.45	25.50	25.30	24.75	25.10	25.65
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	61.50	63.13	60.75	67.25	67.75	64.0	64.25	62.25	58.75	58.75	64.63
ปริมาณเมฆ (C _c)	5.7	5.3	4.7	4.1	4.7	4.0	5.0	4.1	4.3	4.0	4.8
ความเร็วลม, U ₂ (Km/day)	36.2	16.8	24.24	19.2	20.6	22.3	26.6	29.0	20.2	34.1	32.4
Q _A (mm/day)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
$n/N = 0.745 + 0.095C_c - 0.02C_c^2$	0.64	0.69	0.75	0.80	0.75	0.81	0.72	0.80	0.78	0.81	0.74
สัมประสิทธิ์ของการสะท้อน, r	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ความดันไออิ่มตัวของบรรยากาศ, e _a	28.77	27.58	30.19	30.46	31.67	32.53	32.63	32.24	31.20	31.86	32.92
ความดันไออิ่มตัวของจุดน้ำค้าง, e _d	17.69	17.41	18.34	20.48	21.46	20.82	20.96	20.07	18.33	18.72	20.87
รังสีสะท้อนจากวัตถุ, σ T ⁴ (mm/day)	15.58	15.44	15.75	15.78	15.92	16.02	16.03	15.99	15.88	15.94	16.06
รังสีสุทธิจากดวงอาทิตย์, Q _n (mm/day)	2.74	2.84	3.02	3.37	3.33	3.40	3.19	3.29	3.06	3.16	3.23
$E_a = 0.262(e_a - e_d) \times (1 + 0.0062U_2)$	3.55	2.94	3.57	3.93	3.02	3.49	3.56	3.76	3.79	4.17	3.79
$\Delta / (\Delta + \gamma)$	0.717	0.710	0.726	0.728	0.734	0.739	0.739	0.737	0.732	0.735	0.741
$\gamma / (\Delta + \gamma)$	0.283	0.290	0.274	0.272	0.266	0.261	0.261	0.263	0.268	0.265	0.259
ET _p (mm/day)	2.97	2.87	3.18	3.25	3.25	3.42	3.29	3.41	3.26	3.43	3.38

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลการคำนวณปริมาณการใช้ของพืช (ET_p) โดยวิธีของ PENMAN

วันเดือนปี	13	14	15	16	17	18	19	20
อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	26.10	25.30	23.85	24.90	24.40	24.75	24.10	25.75
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	64.88	58.38	62.13	61.00	62.25	57.25	59.38	58.25
ปริมาณเมฆ (C _c)	4.4	5.0	5.1	4.6	4.8	4.4	5.4	4.1
ความเร็วลม, U _z (Km/day)	46.3	39.8	37.9	26.9	25.0	24.0	32.4	31.4
Q _A (mm/day)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
n/N = 0.745+0.095C _c -0.02C _c ²	0.78	0.72	0.71	0.76	0.74	0.78	0.68	0.80
สัมประสิทธิ์ของการสะท้อน, r	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ความดันไออิ่มตัวของบรรยากาศ, e _a	33.81	32.24	29.56	31.48	30.55	31.20	30.01	33.12
ความดันไออิ่มตัวของจุดน้ำค้าง, e _d	21.93	18.82	18.37	19.20	19.02	17.86	17.82	19.29
รังสีสะท้อนจากวัตถุ, σ T ⁴ (mm/day)	16.16	15.99	15.68	15.90	15.79	15.88	15.73	16.08
รังสีสุทธิจากดวงอาทิตย์, Q _n (mm/day)	3.43	2.97	2.95	3.11	3.07	3.0	2.82	3.18
E _a = 0.262(e _a -e _d) x (1+0.0062U _z)	4.01	4.38	3.62	3.75	3.49	4.02	3.84	4.33
Δ / (Δ + γ)	0.744	0.737	0.721	0.733	0.728	0.732	0.725	0.742
γ / (Δ + γ)	0.256	0.263	0.279	0.267	0.272	0.268	0.275	0.258
ET _p (mm/day)	3.58	3.34	3.14	3.28	3.18	3.27	3.10	3.48

ตารางที่ ก.5 ผลการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_p) โดยวิธี MAKKINK

วันเดือนปี	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	n/N	Q_A (มม./วัน)	Q (มม./วัน)	$\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$	ET_p (มม./วัน)
10 พย.32	25.15	0.43	12.8	5.33	0.736	2.27
11	24.85	0.55	12.8	6.18	0.732	2.64
12	24.90	0.71	12.8	7.30	0.732	3.14
13	26.10	0.74	12.8	7.51	0.744	3.29
14	24.15	0.60	12.8	6.53	0.726	2.77
15	24.10	0.56	12.8	6.25	0.725	2.64
16	25.75	0.50	12.8	5.82	0.742	2.52
17	25.15	0.48	12.8	5.68	0.736	2.43
18	24.85	0.60	12.8	7.16	0.732	3.08
19	24.05	0.60	12.8	6.53	0.723	2.76
20	23.85	0.77	12.8	7.73	0.721	3.28
21	24.71	0.73	12.8	7.44	0.731	3.20
22	25.70	0.78	12.8	7.80	0.741	2.06
23	24.80	0.68	12.8	7.09	0.732	3.05
24	26.10	0.74	12.8	7.51	0.744	3.29
25	26.75	0.60	12.8	6.53	0.751	2.87
26	27.50	0.79	12.8	7.87	0.758	3.52
27	27.2	0.71	12.8	7.30	0.755	3.24
28	26.4	0.74	12.8	7.51	0.747	3.30
29	25.9	0.60	12.8	6.53	0.743	2.84
30	25.0	0.69	12.8	7.16	0.734	3.09
1 ธค.32	24.05	0.70	12.0	6.78	0.723	2.87
2	23.40	0.64	12.0	6.38	0.717	2.67
3	22.70	0.69	12.0	6.71	0.710	2.79
4	24.20	0.75	12.0	7.11	0.726	3.03
5	24.35	0.80	12.0	7.44	0.728	3.18
6	25.00	0.75	12.0	7.11	0.734	3.06

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) ผลการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_p) โดยวิธี MAKKINK

วันเดือนปี	อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)	n/N	Q_A (มม./วัน)	Q (มม./วัน)	$\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$	ET_p (มม./วัน)
7 ธค.32	25.45	0.81	12.0	7.51	0.739	3.27
8	25.50	0.72	12.0	6.91	0.739	3.00
9	25.30	0.80	12.0	7.44	0.737	3.23
10	24.75	0.78	12.0	7.31	0.732	3.14
11	25.10	0.81	12.0	7.51	0.735	3.25
12	25.65	0.74	12.0	7.04	0.741	3.06
13	26.10	0.78	12.0	7.31	0.744	3.20
14	25.30	0.72	12.0	6.91	0.737	2.99
15	23.85	0.71	12.0	6.85	0.721	2.89
16	24.90	0.76	12.0	7.18	0.733	3.09
17	24.40	0.74	12.0	7.04	0.728	3.01
18	24.75	0.78	12.0	7.31	0.732	3.14
19	24.10	0.68	12.0	6.65	0.725	2.82
20	25.75	0.80	12.0	7.44	0.742	3.25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.6 แสดงการเปรียบเทียบค่า ET_p และ K_c

วันเดือนปี	ET (มม.)	ET_p (มม.)			K_c		
		PENMAN	MAKKINK	E-PAN	PENMAN	MAKKINK	E-PAN
10 พย.32	0.95	2.85	2.27	4.0	0.33	0.42	0.24
11	0.95	3.07	2.64	3.0	0.31	0.36	0.32
12	1.05	3.43	3.14	3.0	0.31	0.33	0.35
13	1.05	3.68	3.29	4.5	0.28	0.32	0.23
14	1.10	3.17	2.77	3.5	0.35	0.40	0.31
15	1.10	3.07	2.64	3.0	0.36	0.42	0.37
16	1.20	3.03	2.52	2.0	0.40	0.48	0.60
17	1.20	3.09	2.43	4.0	0.39	0.49	0.30
18	1.47	3.49	3.08	3.0	0.42	0.48	0.49
19	1.47	3.18	2.76	4.5	0.46	0.53	0.33
20	1.56	3.50	3.28	2.5	0.45	0.48	0.62
21	1.56	3.49	3.20	3.5	0.45	0.49	0.45
22	1.74	3.75	3.06	4.5	0.46	0.57	0.39
23	1.74	3.41	3.05	3.0	0.51	0.57	0.58
24	1.91	3.69	3.29	3.0	0.52	0.58	0.64
25	1.91	3.45	2.87	2.0	0.55	0.67	0.96
26	1.82	4.04	3.52	4.0	0.45	0.52	0.46
27	2.16	3.79	3.42	3.0	0.57	0.63	0.72
28	2.20	3.90	3.30	3.0	0.56	0.67	0.73
29	2.08	3.46	2.84	3.5	0.60	0.73	0.59
30	2.52	3.50	3.09	3.5	0.72	0.82	0.72

ตารางที่ ก.6 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบค่า ET_p และ K_c

วันเดือนปี	ET (มม.)	ET_p (มม.)			K_c		
		PENMAN	MAKKINK	E-PAN	PENMAN	MAKKINK	E-PAN
1 ธค.32	2.30	3.11	2.87	3.0	0.74	0.80	0.77
2	2.58	2.97	2.67	2.5	0.87	0.97	1.03
3	2.40	2.87	2.79	2.5	0.84	0.86	0.96
4	2.68	3.18	3.03	3.5	0.84	0.88	0.77
5	2.56	3.25	3.18	4.5	0.79	0.81	0.57
6	2.38	3.25	3.06	3.0	0.73	0.78	0.79
7	2.64	3.42	3.27	4.5	0.77	0.81	0.59
8	2.48	3.29	3.00	2.5	0.75	0.83	0.89
9	2.42	3.41	3.23	3.0	0.71	0.75	0.81
10	2.58	3.26	3.14	3.0	0.79	0.82	0.86
11	2.62	3.43	3.25	4.5	0.76	0.81	0.58
12	2.48	3.38	3.06	3.0	0.74	0.81	0.83
13	2.56	3.58	3.20	4.0	0.72	0.80	0.64
14	2.68	3.34	2.99	2.5	0.80	0.89	1.07
15	2.58	3.14	2.89	4.0	0.82	0.89	0.65
16	2.44	3.28	3.09	4.5	0.74	0.79	0.54
17	2.68	3.18	3.01	4.0	0.84	0.89	0.67
18	2.58	3.27	3.14	2.5	0.79	0.82	1.03
19	2.64	3.10	2.82	4.0	0.85	0.94	0.66
20	2.60	3.48	3.25	3.0	0.75	0.79	0.87



ภาคผนวก ข

อุปกรณ์เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าเป็นข้อมูลคอมพิวเตอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

อุปกรณ์เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าเป็นข้อมูลคอมพิวเตอร์

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันหรือความต่างศักย์ไฟฟ้ามาเป็นข้อมูลที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จะรับได้เรียกว่า A/D, D/A converter โดยมีให้เลือกหลายเบอร์ตามความเหมาะสมในการไปใช้งาน สำหรับเบอร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ADC ๐๘๐๑ ของบริษัท เนชั่นแนล เซมิคอนดักเตอร์ จำกัด ซึ่งมีคุณสมบัติ คือ เป็นวงจรเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าเป็นข้อมูลขนาด ๘ บิต มีช่องสัญญาณเข้า ๘ ช่อง และสามารถต่อเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ โดยตรง มีอุปกรณ์ประกอบเล็กน้อยก็สามารถทำงานได้

การเลือกช่องสัญญาณที่จะนำมาแปลงข้อมูลจากช่องสัญญาณทั้ง ๘ ช่อง โดยการกำหนดตำแหน่ง ADDRESS จากคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำให้ช่องสัญญาณดังกล่าวถูกต่อเข้ากับวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นข้อมูลดิจิทัล

วงจรที่จะใช้งานได้ออกแบบให้เริ่มต้น การทำงานโดยการเขียนข้อมูลไปยังตำแหน่งของหน่วยความจำที่ช่องสัญญาณนั้นอยู่ ซึ่งเราจะคำนวณตำแหน่งได้จากสมการดังนี้

$$49152 + (S+8) \times 16 + \text{หมายเลขช่องสัญญาณ}$$

S หมายถึง ช่องที่แผ่นวงจรของเราเสียบอยู่

ในภาษา BASIC เขาใช้คำสั่ง

POKE ตำแหน่งของช่องสัญญาณ, ข้อมูล
และในการอ่านข้อมูลใช้คำสั่ง

PEEK (ตำแหน่งช่องสัญญาณ)

ตัวอย่างการคำนวณ

สมมติว่าแผ่นวงจรของเราเสียบอยู่ในช่องที่ 4 และเราต้องการเรียกใช้ช่องสัญญาณที่ 1 เราจะคำนวณตำแหน่งของสัญญาณได้ดังนี้

$$49152 + (4+8) \times 16 + 1 = 49345$$

ในการทำงานภาษา BASIC เราใช้คำสั่ง ดังนี้

10 POKE 49345, ๐

20 PRINT PEEK (49345)

เราก็จะได้ข้อมูลปรากฏออกมาทางจอภาพ ทั้งนี้จะสังเกตได้ว่า เราไม่เสียเวลารอคอยการแปลงข้อมูล

การควบคุมอุปกรณ์เครื่องกลไฟฟ้าภายนอกทำได้โดยใช้วงจรถอดรหัสของตำแหน่งหน่วยความจำ แล้วไปกระตุ้นสวิตช์ ปิด-เปิด ซึ่งจะต่ออยู่กับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ภายนอก เราจะคำนวณตำแหน่งของสวิตช์ต่าง ๆ ที่ออกแบบไว้ได้ดังนี้

$$49152 + n \times 256 + f$$

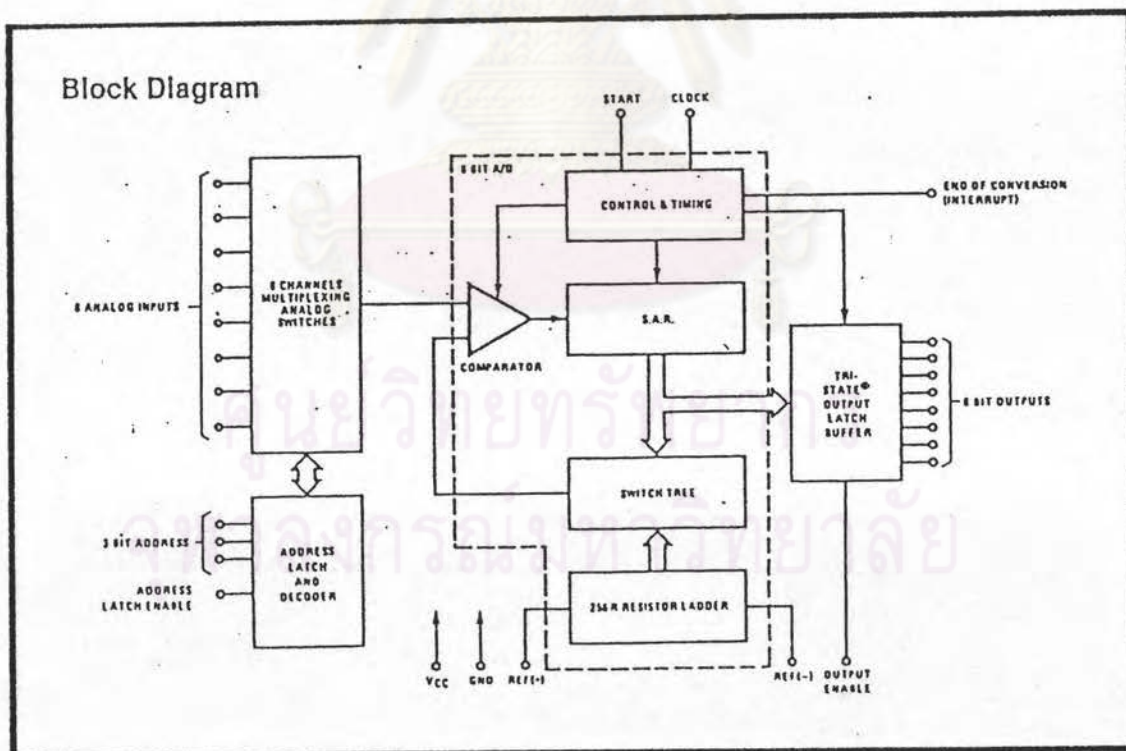
n = หมายเลขช่องเสียบที่แผ่นวงจรเสียบอยู่

f = รหัสควบคุม มีความหมายต่าง ๆ ดังนี้

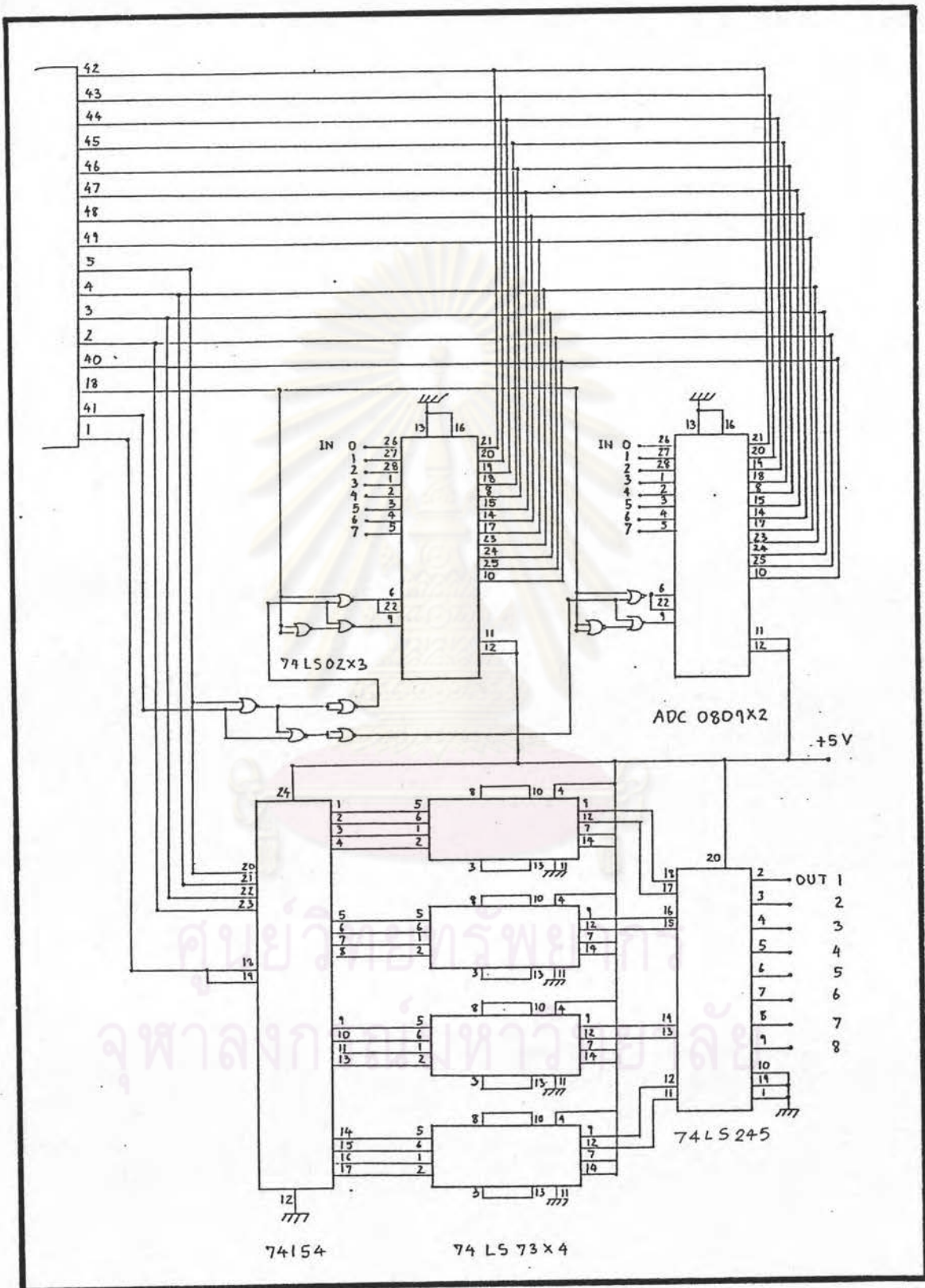
0	ปิด สวิตช์ตัวที่ 1
1	เปิด สวิตช์ตัวที่ 1
2	ปิด สวิตช์ตัวที่ 2
3	เปิด สวิตช์ตัวที่ 2

เป็นต้น

การใช้งานใช้คำสั่ง POKE กับ PEEK เช่นกัน



รูปที่ ข.1 แผนผังภายในของ ADC 0809 (ยี่ห้อ รวาร์รณ, 2528)



รูปที่ ๓.๒ แสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ (เขียน กุ๊ววรรณ, 2528)

5402/7402 Quadruple 2-Input Positive-NOR Gate

	Schottky TTL			High-Speed TTL			Low-Power Schottky TTL			Standard TTL			Low-Power TTL		
	Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package	
T.I.	SN54502	JCD	WD				SN54LS02	JCD	WD	SN5402	JCD	WD	SN54LS02	JCD	WD
	SN74502	JCD	WD				SN74LS02	JCD	WD	SN7402	JCD	WD	SN74LS02	JCD	WD
FAIRCHILD	MC1402/1402	PD	FD				MC14LS02/14LS02	PD	FD	F5402/F5402	DC	FC			
	MC1402/1402	PD	FD				MC14LS02/14LS02	PD	FD	F07402/FC7402	DC	FC			
MOTOROLA							SN74LS02	PD	FD	MC1402	DC	FC			
							DM54LS02	PD	FD	DM5402	JCD	WD	DM54LS02	JCD	WD
N.S.C.							DM74LS02	PD	FD	DM7402	JCD	WD	DM74LS02	JCD	WD
PHILIPS	N74502	Q					N74LS02	Q		F8122/7402	Q				
SIGNETICS	N74502	AQ					N74LS02	AQ		S5402	FQ	AQ			
									N7402	FQ	AQ				
SIEMENS									FLH131	Q					
FUJITSU							74LS02	MAJ	MQ417	Q	MAJ				
HITACHI	HD74502	PD					HD74LS02	PD		HD7402/HD7511	Q	PD			
MITSUBISHI							M74LS02	PD		M53202	PD				
NEC									μP8122	Q	CCQ				
TOSHIBA									TO3402A	PD					

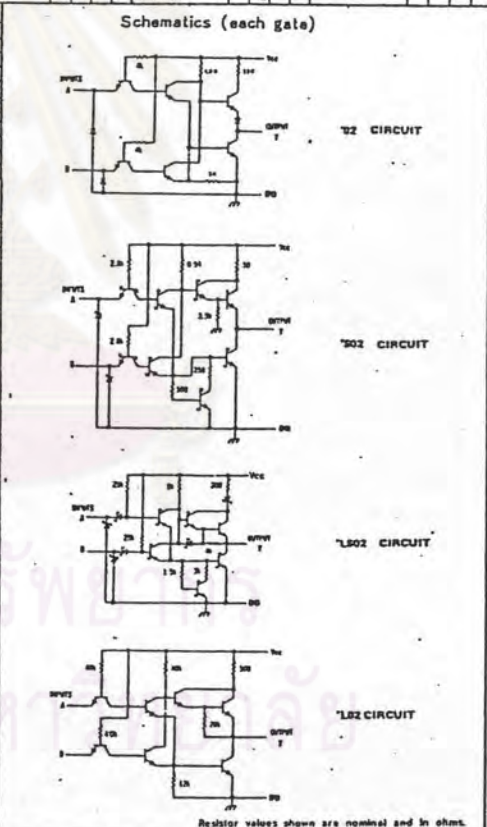
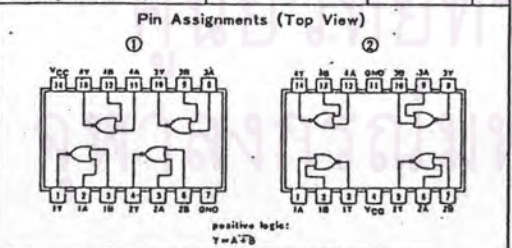
Electrical Characteristics SN54LS02/SN74LS02
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V _{CC}	2V	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55 to 125°C
Input voltage	2V	Storage temperature range	SN74LS	-55 to 125°C
		recommended operating conditions		

	SN54LS02			SN74LS02			UNIT
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Supply voltage, V _{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I _{OH}			-400			-400	mA
Low-level output current, I _{OL}			4			4	mA
Operating free-air temperature, T _A	-55		125	0		70	°C

Electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS †	MIN	TYP ‡	MAX	UNIT
V _{IH}	High-level input voltage		2		V
V _{IL}	Low-level input voltage		0.8		V
V _I	Input clamp voltage	V _{CC} = MIN, I _I = -10mA		-1.5	V
V _{OH}	High-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _I = V _{IH} MAX, I _{OH} = MAX	2.7	3.4	V
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _I = 2V, I _{OL} = MAX	0.25	0.4	V
I _I	Input current at maximum input voltage	V _{CC} = MAX, V _I = 2V		0.1	mA
I _{IH}	High-level input current	Data inputs V _{CC} = MAX, V _{IH} = 2.7V		20	μA
I _{IL}	Low-level input current	Data inputs V _{CC} = MAX, V _{IL} = 0.4V		0.4	mA
I _{OS}	Short-circuit output current †	V _{CC} = MAX, 74LS Family	-70	-100	mA
I _{CCM}	Supply current	V _{CC} = MAX, Total outputs high	1.8	3.2	mA
I _{CLL}	Supply current	V _{CC} = MAX, Total outputs low	2.1	5.4	mA
I _{CCP}	Supply current	V _{CC} = 5V, Average per gate (50% duty cycle)		0.35	mA
t _{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V _{CC} = 5V, T _A = 25°C	10	15	ns
t _{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output	C _L = 15pF, R _L = 20Ω	10	15	ns



† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
§ Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54S/SN74S, duration of output short-circuit should not exceed one second.

รูปที่ ข.3 อุปกรณ์เชื่อมโยง ADC 0809 กับคอมพิวเตอร์ (ยี่ห้อ ก้าวรารณ, 2528)

54154/74154 4-Line-to-16-Line Decoder/Demultiplexer

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL				
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF	
T.I.																					
FAIRCHILD																					
MOTOROLA																					
N.S.C.																					
PHILIPS																					
SIGNETICS																					
SIEMENS																					
FUJITSU																					
HITACHI																					
MITSUBISHI																					
NEC																					
TOSHIBA																					

Electrical Characteristics SN54154/SN74154

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V _{CC}	TV	Operating free-air temperature range	SN54 ¹	-55°C to 125°C
Input voltage	5.5V	Storage temperature range	SN74 ²	-65°C to 150°C

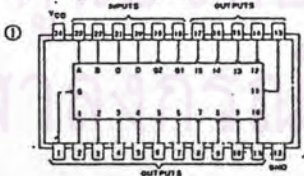
recommended operating conditions

	SN54154			SN74154			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V _{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I _{OH}			-800			-800	μA
Low-level output current, I _{OL}			16			16	mA
Operating free-air temperature, T _A	-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER ¹	TEST CONDITIONS ¹	MIN	TYP ²	MAX	UNIT
V _{IH}	High-level input voltage		2		V
V _{IL}	Low-level input voltage			0.8	V
V _I	Input clamp voltage	V _{CC} =MIN, I _I =-12mA		-1.1	V
V _{OH}	High-level output voltage	V _{CC} =MIN, V _{IH} =2V, V _{IL} =0.8V, I _{OH} =-800μA	2.4	3.4	V
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{CC} =MIN, V _{IH} =2V, V _{IL} =0.8V, I _{OL} =16mA	0.2	0.4	V
I _I	Input current at maximum input voltage	V _{CC} =MAX, V _I =5.5V		1	μA
I _{IH}	High-level input current	V _{CC} =MAX, V _I =2.4V		40	μA
I _{IL}	Low-level input current	V _{CC} =MAX, V _I =0.4V		-1.6	mA
I _{OS}	Short-circuit output current ³	V _{CC} =MAX	SN54 ¹	-20	-55
			SN74 ²	-18	-57
I _{CC}	Supply current	V _{CC} =MAX	SN54 ¹	24	49
		See Note	SN74 ²	24	56
t _{PLH}	from A, B, C, or D inputs through 3 levels of logic	V _{CC} =5V, C _L =15pF, T _A =25°C		24	36
t _{PHL}	from A, B, C, or D inputs through 3 levels of logic			22	33
t _{PLH}	from either strobe input			20	30
t _{PHL}	from either strobe input			18	27

Pin Assignment (Top View)



see Note 1: see function table

¹ For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.
² All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.
³ Not more than one output should be shorted at a time.
⁴ t_{PLH}=propagation delay time, low-to-high-level output
 t_{PHL}=propagation delay time, high-to-low-level output

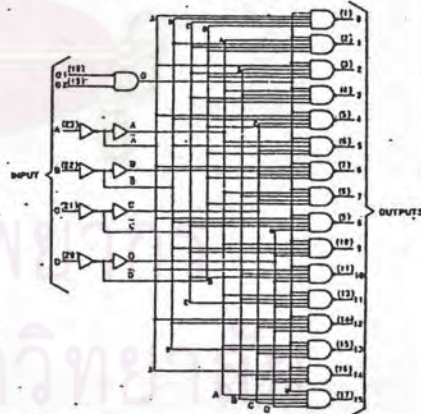
Function Table

154, 'L154

INPUTS				OUTPUTS																
0142	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	H	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	H	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	H	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	H	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	H	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

H=high level, L=low level, X=indifferent

Functional Block Diagram



154, 'L154 4-LINE-TO-16-LINE DECODER/DEMULPLEXER

NOTE: I_{CC} is measured with all inputs grounded and all outputs open.

รูปที่ ข.4 อุปกรณ์ทำหน้าที่ ถอดรหัส (ยี่ห้อ กัวร์ารวม, 2528)

5473/7473 Dual J-K Master-Slave Flip-Flop with Clear

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL							
	Device Type				Package				Device Type				Package				Device Type				Package			
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF
T.I.																								
FAIRCHILD																								
MOTOROLA																								
N.S.C.																								
PHILIPS																								
SIGNETICS																								
SIEMENS																								
FUJITSU																								
HITACHI																								
MITSUBISHI																								
NEC																								
TOSHIBA																								

Electrical Characteristics SN54LS73/SN74LS73A

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

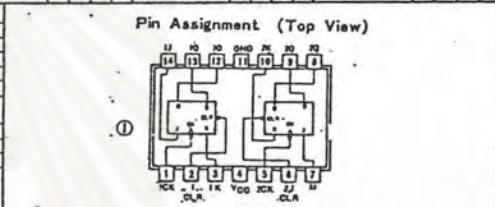
Supply voltage, V _{CC}	7.0	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	1.5V	SN54LS	0°C to 70°C
		SN74LS	-55°C to 125°C

recommended operating conditions

PARAMETER	SN54LS73A		SN74LS73A		UNIT
	MIN	MAX	MIN	MAX	
Supply voltage, V _{CC}	4.5	5.5	4.75	5.25	V
Input current, I _{CC}	-	-	-	-	mA
Low-level output current, I _{OL}	-	8	-	8	mA
Setup time, t _S	20	20	20	20	ns
Hold time, t _H	20	20	20	20	ns
Propagation delay, t _{PLH}	20	20	20	20	ns
Propagation delay, t _{PHL}	20	20	20	20	ns
Operating free-air temperature, T _A	-55	125	-55	125	°C

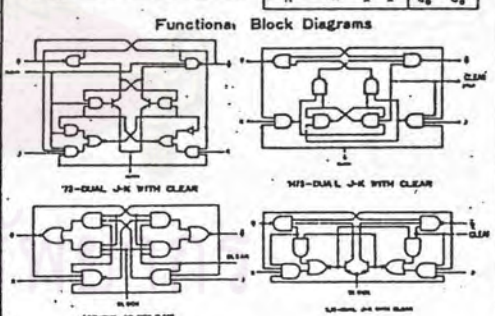
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER*	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V _{IH}	High-level input voltage	2			V
V _{IL}	Low-level input voltage		0.8		V
V _I	Input clamp voltage	V _{CC} =MIN, I _I =-15mA		-1.5	V
V _{OH}	High-level output voltage	V _{CC} =MIN, V _{IH} =2V, I _{OH} =MAX	2.7	3.4	V
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{CC} =MIN, V _{IH} =2V, I _{OL} =8mA	0.25	0.4	V
I _I	Input current at maximum input voltage	D, J, K, Clear, Preset, Clock	0.1	0.3	mA
I _{IH}	High-level input current	D, J, K, Clear, Preset, Clock	20	50	µA
I _{IL}	Low-level input current	D, J, K, Clear, Preset, Clock	-0.4	-0.8	mA
I _{OS}	Short-circuit output current*	Series 54LS, Series 74LS	-20	-100	mA
I _{CC}	Supply current (Average per the flip)	V _{CC} =MAX, See Note 1	4	6	mA
f _{max}	maximum clock frequency	V _{CC} =5V, T _A =25°C, C _L =15pF, R _L =70Ω	30	45	MHz
t _{PLH}	propagation delay time, low-to-high-level output (as appropriate) to Q or Q̄	V _{CC} =5V, T _A =25°C, C _L =15pF, R _L =70Ω	15	20	ns
t _{PHL}	propagation delay time, high-to-low-level output (as appropriate) to Q or Q̄	V _{CC} =5V, T _A =25°C, C _L =15pF, R _L =70Ω	15	20	ns



Function Tables

73 M73, L73 (See Note 2)				LS73 (See Note 2)							
INPUTS				OUTPUTS		INPUTS				OUTPUTS	
CLEAR	CLOCK	J	K	Q	Q̄	CLEAR	CLOCK	J	K	Q	Q̄
L	X	X	X	L	H	L	X	X	X	L	H
H	∇	L	L	0 ₀	0 ₀	H	∇	L	L	0 ₀	0 ₀
H	∇	H	L	H	L	H	∇	H	L	H	L
H	∇	L	H	L	H	H	∇	L	H	L	H
H	∇	H	H	H	H	H	∇	H	H	H	H
H	∇	H	H	TOGGLE	TOGGLE	H	∇	H	H	TOGGLE	TOGGLE



NOTES: 1. with all outputs open, I_{CC} is measured with the Q and Q̄ outputs high in turn. At the time of measurement, the clock input is grounded.
 2. H=high level (steady state), L=low level (steady state), X=irrelevant
 ∇=transition from high to low level
 ∇=high-level pulse; data inputs should be held constant while clock is high; this is transferred to output on the falling edge of the pulse.
 0₀=the level of Q before the indicated input conditions were established.
 TOGGLE: Each output changes to the complement of its previous level on each active transition (pulse) of the clock.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
 ‡ IAR typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.
 * Not more than one output should be shorted at time.
 † t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output.
 ‡ t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output.
 § ∇ The arrow indicates the edge of the clock pulse used for reference: | for the rising edge, | for the falling edge.

รูปที่ ข.5 อุปกรณ์ความคุมสวิตซ์ปิด-เปิด (ยี่ห้อ ภาวธรรม, 2528)

54245/74245 Octal Bus Transceivers with 3-state Outputs

	Schottky TTL			High-Speed TTL			Low-Power Schottky TTL			Standard TTL			Low-Power TTL		
	Package			Package			Package			Package			Package		
	C	P	MCF	C	P	MCF	C	P	MCF	C	P	MCF	C	P	MCF
T. I.															
FAIRCHILD							SN54LS245	P	I	W	W				
MOTOROLA							SN74LS245	J	I	N	I				
N. S. C.															
PHILIPS															
SIGNETICS															
SIEMENS															
FUJITSU															
HITACHI															
MITSUBISHI															
NEC															
TOSHIBA															

Electrical Characteristics SN54LS245/SN74LS245

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V _{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	7V	temperature range	SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		-65°C to -150°C

recommended operating conditions

	SN54LS245			SN74LS245			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V _{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I _{OH}			12			15	mA
Low-level output current, I _{OL}			12			24	mA
Operating free-air temperature, T _A	55		125	0		70	°C

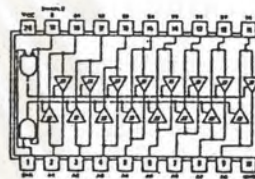
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS †	SN74LS245		UNIT
		MIN	TYP ‡	
V _{IH} High-level input voltage			2	V
V _{IL} Low-level input voltage			0.8	V
V _{IK} Input clamp voltage	V _{CC} = MIN, I _I = -18mA			-1.5
Hysteresis (V _I - V _T) A or B input	V _{CC} = MIN	0.2	0.4	V
V _{OH} High-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2V, I _{OH} = -3mA	2.4	2.8	V
V _{OL} Low-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2V, I _{OL} = 12mA		0.4	V
I _{OZH} Off-state output current, high-level voltage applied	V _{CC} = MAX, V _O = 2.7V			10
I _{OZL} Off-state output current, low-level voltage applied	V _{CC} = MAX, V _O = 0.4V			-200
I _I Input current at maximum input voltage	V _I = 5.5V, V _I = 7V			0.1
I _{IH} High-level input current	V _{CC} = MAX, V _{IH} = 2.7V			20
I _{IL} Low-level input current	V _{CC} = MAX, V _{IL} = 0.4V			-0.2
I _{QS} Short-circuit output current	V _{CC} = MAX	-40		-225
I _{CC} Supply current	Total, outputs high Total, outputs low Outputs at Hi-Z		48 62 64	70 90 95

switching characteristics, V_{CC} 5V, T_A 25°C

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t _{PLM} Propagation delay time, low-to-high-level output		8	12		ns
t _{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level output		8	12		ns
t _{PZL} Output enable time to low level	C _L = 45pF, R _L = 60Ω, See Note 2		77	40	ns
t _{PZH} Output enable time to high level			25	40	ns
t _{PLZ} Output disable time from low level	C _L = 50pF, R _L = 60Ω, See Note 2		15	25	ns
t _{PHZ} Output disable time from high level			15	25	ns

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
* Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-circuit should not exceed one second.



SN54LS245 (J) SN74LS245 (J, N)

รูปที่ ข.6 อุปกรณ์จ่ายกระแสแก่สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ภายนอก (ยี่ห้อ รุ่รารวม, 2528)



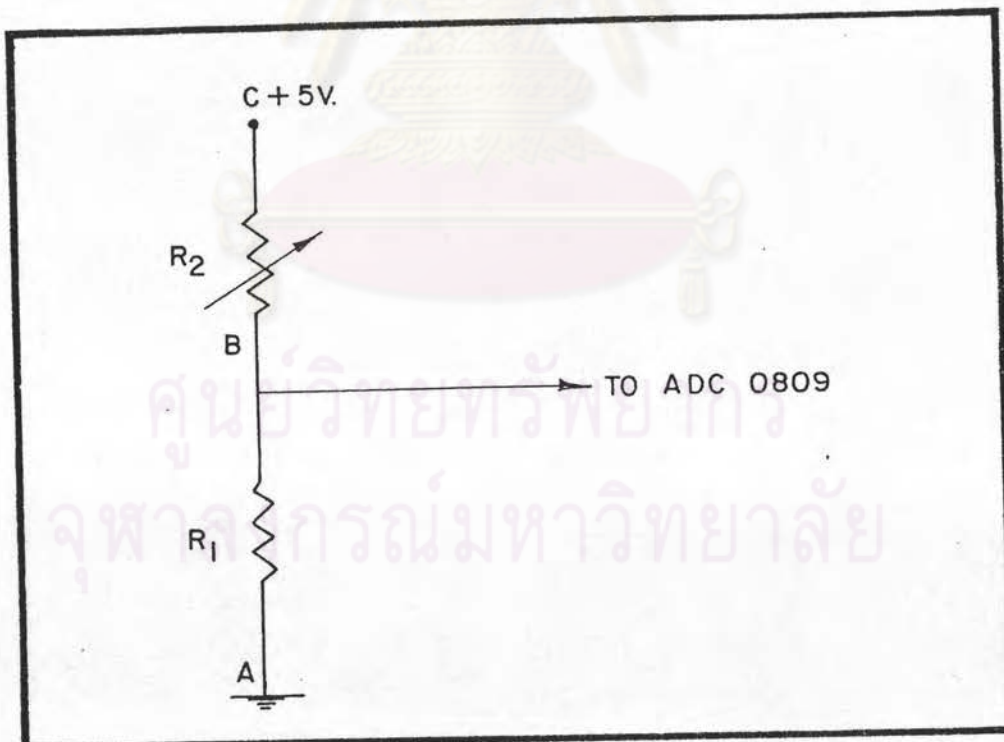
ภาคผนวก ค
อุปกรณ์วัดระดับน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ค
อุปกรณ์วัดระดับน้ำ

อุปกรณ์วัดระดับน้ำประยุกต์มาจากหลักเบี่ยงเบนทางไฟฟ้า คือเรานำเอาตัวต้านทาน 2 ตัว มาต่ออนุกรมแล้วป้อนแรงดันคร่อม ซึ่งในที่นี้ใช้ 5 โวลต์ ดังรูปที่ ค.1 ค่าของแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวรวมกัน ($V_{AB} + V_{BC}$) จะต้องเท่ากับ 5 โวลต์เสมอ ถ้าค่าของตัวต้านทาน R_2 มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความต้านทานรวม ($R_1 + R_2$) มีค่าเพิ่มขึ้น กระแสที่ไหลผ่านวงจรจะลดลง (จากสูตร $V = IR$, เมื่อ V คงที่ = 5 โวลต์ และ R เพิ่มขึ้น) ค่าแรงดันที่คร่อม R_1 ก็จะมีค่าลดลง ในทางตรงข้าม ถ้าค่าของ R_2 ลดลง ค่าแรงดันที่ตกคร่อม R_1 จะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเราสามารถจะวัดค่าได้โดยป้อนค่าแรงดันนี้ ไปยังอุปกรณ์ A/D CONVERTER สำหรับตัวต้านทาน R_2 ที่เปลี่ยนค่าได้นั้น ในกรณีนี้ เราใช้น้ำเป็นตัวต้านทาน R_2



รูปที่ ค.1 แสดงการต่อวงจรของอุปกรณ์วัดระดับน้ำ



ภาคผนวก ง

โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ

```

10 FOR I = 0 TO 10 STEP 2
20 POKE (50176+I), 0
30 NEXT I
40 POKE (50177), 0
50 POKE (50181), 0
60 L2 = 0
70 FOR I = 1 TO 10
80 POKE (49344), 0
90 L2 = L2+PEEK (49344)
100 NEXT I
110 L2 = L2/10
120 IF L2>150 THEN 60
130 POKE (50176), 0
140 FOR I = 1 TO 100000
150 NEXT I
160 READ PH
170 IF PH>7.0 THEN 380
180 IF PH<5.5 THEN 430
190 POKE (50179), 0
200 L3 = 0
210 FOR I = 1 TO 10
220 POKE (49345), 0
230 L3 = L3+PEEK (49345)
240 NEXT I
250 L3 = L3/10
260 IF L3>150 THEN 200
270 POKE (50178), 0
275 POKE (50180), 0
280 POKE (50187), 0

```

เปิดปั้มน้ำและปั้มน้ำอากาศ

ตรวจสอบน้ำที่ระดับ 2

ปิดปั้มน้ำ

เปิดวาล์ว 1

ตรวจสอบน้ำที่ระดับ 3

ปิดวาล์ว 1

เปิด AIR PUMP ในถังที่ 1

เปิดวาล์ว 4 ถังที่ 4

```

290 L1 = 0
300 FOR I = 1 TO 10
310 POKE (49346), 0
320 L1 = L1+PEEK (49346)
330 NEXT I
340 L1 = L1/10
350 IF L1<150 THEN 290
360 POKE (50186), 0
370 END
380 POKE (50183), 0
390 FOR I = 1 TO 10000
400 NEXT I
410 POKE (50182), 0
420 GOTO 140
430 POKE (50185), 0
440 FOR I = 1 TO 10000
450 NEXT I
460 POKE (50184), 0
470 GOTO 140
480 DATA

```

ตรวจสอบน้ำที่ระดับ 1 ในแปลงเพาะปลูก

เปิดวาล์ว 4 ถังที่ 4

เปิดวาล์ว 2 ที่ถัง 2 เป็นเวลา 15 วินาที

เปิดวาล์ว 3 ที่ถัง 3 เป็นเวลา 15 วินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก จ

ข้อมูลประกอบการคำนวณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ
ข้อมูลประกอบการคำนวณ

ตารางที่ จ.1 ค่าของ $\frac{\Delta}{\Delta+\gamma}$ สำหรับอุณหภูมิเป็น °C (วิบูลย์ บุญชูโรกุล, 2524)

Temp. °C	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
0	.398	.402	.405	.408	.412
1	.415	.418	.422	.425	.428
2	.431	.435	.438	.441	.444
3	.447	.451	.454	.457	.460
4	.463	.466	.470	.473	.476
5	.479	.482	.485	.488	.491
6	.494	.497	.500	.503	.506
7	.509	.512	.515	.518	.521
8	.524	.527	.530	.533	.536
9	.539	.541	.544	.547	.550
10	.553	.556	.558	.561	.564
11	.567	.570	.572	.575	.578
12	.580	.583	.586	.589	.591
13	.594	.597	.599	.602	.604
14	.607	.610	.612	.615	.617
15	.620	.622	.625	.627	.630
16	.632	.635	.637	.640	.642
17	.645	.647	.650	.652	.654
18	.657	.659	.662	.664	.666
19	.669	.671	.673	.676	.678
20	.680	.682	.685	.687	.689
21	.691	.694	.696	.698	.700
22	.702	.705	.707	.709	.711

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) ค่าของ $\frac{\Delta}{\Delta+x}$ สำหรับอุณหภูมิเป็น °C (วิบูลย์ บุญชูโรกุล, 2524)

Temp. °C	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
23	.713	.715	.717	.719	.721
24	.723	.726	.728	.730	.732
25	.734	.736	.738	.740	.742
26	.743	.745	.747	.749	.751
27	.753	.755	.757	.759	.761
28	.762	.764	.766	.768	.770
29	.771	.773	.775	.777	.779
30	.780	.782	.784	.785	.787
31	.789	.790	.792	.794	.795
32	.797	.799	.800	.802	.803
33	.805	.807	.808	.810	.811
34	.813	.814	.816	.817	.819
35	.820	.822	.823	.824	.826
36	.827	.829	.830	.831	.833
37	.834	.835	.837	.838	.839
38	.841	.842	.843	.845	.846
39	.847	.848	.850	.851	.852
40	.853	.854	.855	.857	.858
41	.859	.860	.861	.862	.863
42	.864	.866	.867	.868	.869
43	.870	.871	.872	.873	.874
44	.875	.876	.877	.878	.878
45	.879	.880	.881	.882	.883
46	.884	.885	.885	.886	.887
47	.888	.889	.890	.890	.891
48	.892	.893	.893	.894	.895
49	.895	.896	.897	.897	.898
50	.899				

ตารางที่ จ.2 ค่าของการแผ่รังสีจากวัตถุที่มีผิวดำสนิท

δT^* เทียบอัตราการระเหย
ของน้ำ เป็น มม./วัน (วิบูลย์ บุญขจรโรกุล, 2524)

Temp °C	δT^* mm/day	Temp °C	δT^* mm/day	Temp °C	δT^* mm/day
0	11.21	17	14.28	34	17.93
1	11.38	38	14.48	35	18.17
2	11.55	19	14.68	36	18.41
3	11.72	20	14.88	37	18.64
4	11.89	21	15.08	38	18.89
5	12.06	22	15.29	39	19.13
6	12.23	23	15.50	40	19.38
7	12.41	24	15.71	41	19.63
8	12.59	25	15.92	42	19.88
9	12.77	26	16.14	43	20.13
10	12.95	27	16.35	44	20.39
11	13.13	28	16.57	45	20.65
12	13.32	29	16.79	46	20.91
13	13.51	30	17.02	47	21.17
14	13.70	31	17.24	48	21.44
15	13.89	32	17.47	49	21.70
16	14.08	33	17.70	50	21.98

* Computed from Table 129-B, Smithsonian Meteorological Tables by R.J. List, Smithsonian Miscellaneous Collections, Vol. 114 pp.413, 1966

** Heat of vaporization was assumed to be constant at 580 cal/gm' of H₂O

ตารางที่ จ.3 ความดันไอน้ำอิ่มตัวเหนือผิวน้ำ เป็น มิลลิบาร์ (e_w) (วิบูลย์ บุญขจรโรกุล, 2524)

T °C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	6.11	6.15	6.20	6.24	6.29	6.33	6.38	6.42	6.47	6.52
1	6.57	6.61	6.66	6.71	6.76	6.81	6.85	6.90	6.95	7.00
2	7.05	7.10	7.16	7.21	7.26	7.31	7.36	7.41	7.47	7.52
3	7.57	7.63	7.68	7.74	7.79	7.85	7.90	7.96	8.01	8.07
4	8.13	8.19	8.24	8.30	8.36	8.42	8.48	8.54	8.60	8.66
5	8.72	8.78	8.84	8.90	8.96	9.03	9.09	9.15	9.22	9.28
6	9.35	9.41	9.48	9.54	9.61	9.67	9.74	9.81	9.88	9.94
7	10.01	10.08	10.15	10.22	10.29	10.36	10.43	10.50	10.58	10.65
8	10.72	10.79	10.87	10.94	11.02	11.09	11.17	11.24	11.32	11.40
9	11.47	11.55	11.63	11.71	11.79	11.87	11.95	12.03	12.11	12.19
10	12.27	12.35	12.44	12.52	12.61	12.69	12.77	12.86	12.95	13.03
11	13.12	13.21	13.29	13.38	13.47	13.56	13.65	13.74	13.83	13.92
12	14.02	14.11	14.20	14.30	14.39	14.49	14.58	14.68	14.77	14.87
13	14.97	15.07	15.17	15.27	15.36	15.47	15.57	15.67	15.77	15.87
14	15.98	16.08	16.19	16.29	16.40	16.50	16.61	16.72	16.83	16.93
15	17.04	17.15	17.26	17.38	17.49	17.60	17.71	17.83	17.94	18.06
16	18.17	18.29	18.41	18.52	18.64	18.76	18.88	19.00	19.12	19.24
17	19.37	19.49	19.61	19.74	19.86	19.99	20.12	20.24	20.37	20.50
18	20.63	20.76	20.89	21.02	21.15	21.29	21.42	21.56	21.69	21.83
19	21.96	22.10	22.24	22.38	22.52	22.66	22.80	22.94	23.08	23.23
20	23.37	23.52	23.66	23.81	23.96	24.11	24.26	24.41	24.56	24.71
21	24.86	25.01	25.17	25.32	25.48	25.63	25.79	25.95	26.11	26.27
22	26.43	26.59	26.75	26.92	27.08	27.25	27.41	27.58	27.75	27.92
23	28.09	28.26	28.43	28.60	28.77	28.95	29.12	29.30	29.47	29.65
24	29.83	30.01	30.19	30.37	30.55	30.74	30.92	31.11	31.29	31.48
25	31.67	31.86	32.05	32.24	32.43	32.63	32.82	33.02	33.21	33.41
26	33.61	33.81	34.01	34.21	34.41	34.61	34.82	35.02	35.23	35.44
27	35.65	35.86	36.07	36.28	36.49	36.71	36.92	37.14	37.36	37.58

ตารางที่ จ.3 (ต่อ) ความดันไอน้ำอิ่มตัวเหนือผิวน้ำ เป็น มิลลิบาร์ (e_s) (วิบูลย์ บุญขจรโรกุล, 2524)

T °C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
28	37.80	38.02	38.24	38.46	38.69	38.91	39.14	39.36	39.59	39.82
29	40.05	40.29	40.52	40.75	40.99	41.23	41.47	41.70	41.94	42.19
30	42.43	42.67	42.92	43.17	43.41	43.66	43.91	44.16	44.42	44.67
31	44.93	45.18	45.44	45.70	45.96	46.22	46.49	46.75	47.02	47.28
32	47.55	47.82	48.09	48.36	48.64	48.91	49.19	49.47	49.74	50.02
33	50.31	50.59	50.87	51.16	51.45	51.74	52.03	52.32	52.61	52.90
34	53.20	53.50	53.80	54.10	54.40	54.70	55.00	55.31	55.62	55.93
35	56.24	56.55	56.86	57.18	57.49	57.81	58.13	58.45	58.77	59.10
36	59.42	59.75	60.08	60.41	60.74	61.07	61.41	61.74	62.08	62.42
37	62.76	63.10	63.45	63.80	64.14	64.49	64.84	65.20	65.55	65.91
38	66.26	66.62	66.98	67.35	67.71	68.08	68.45	68.81	69.19	69.56
39	69.93	70.31	70.69	71.07	71.45	71.83	72.22	72.60	72.99	73.38
40	73.78	74.17	74.57	74.97	75.36	75.77	76.17	76.57	76.98	77.39
41	77.80	78.21	78.63	79.05	79.46	79.88	80.31	80.73	81.16	81.58
42	82.01	82.45	82.88	83.32	83.75	84.19	84.64	85.08	85.52	85.97
43	86.42	86.87	87.33	87.78	88.24	88.70	89.16	89.63	90.09	90.56
44	91.03	91.51	91.98	92.46	92.94	93.42	93.90	94.39	94.87	95.36
45	95.85	96.35	96.84	97.34	97.84	98.35	98.85	99.36	99.87	100.38
46	100.89	101.41	101.93	102.45	102.97	103.50	104.03	104.56	105.09	105.62
47	106.16	106.70	107.24	107.78	108.33	108.88	109.43	109.98	110.54	111.10
48	111.66	112.22	112.79	113.36	113.93	114.50	115.07	115.65	116.23	116.81
49	117.40	117.99	118.58	119.17	119.77	120.37	120.97	121.57	122.18	122.79
50	123.40	124.01	124.63	125.25	125.87	126.49	127.12	127.75	128.38	129.01

ตารางที่ จ.4 รังสีอาทิตย์ที่จะได้รับบนผิวโลกเมื่อไม่มีบรรยากาศปกคลุมอยู่สำหรับซีกโลกเหนือ
เทียบเป็นอัตราการระเหยของน้ำที่ 20 °C เป็น มม./วัน (วิบูลย์ บุญขจรโรกุล, 2524)

Latitude	Northern Hemisphere											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
50° N	3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2
48	4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7
46	4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3
44	5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7
42	5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2
40	6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7
38	6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1
36	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6
34	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
32	8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8
30	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
28	9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8
26	9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3
24	10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7
22	10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2
20	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7
18	11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1
16	12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6
14	12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0
12	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5
10	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
8	13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
6	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7
4	14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
2	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

ตารางที่ จ.5 อายุเก็บเกี่ยวของผักต่าง ๆ (กลุ่มรักเกษตร, 2531)

คะน้า	45 วัน	ผักกาดเขียว	55-60 วัน
ผักกาดเขียววางตุ้ง	30 วัน	ผักกาดหอม	45 วัน
ผักกวางตุ้งไต้หวัน	45 วัน	กะหล่ำปลี	90-100 วัน
ผักกาดขาว	35-40 วัน	กะหล่ำดอก	75-90 วัน
ผักกาดขาวปลี	57-90 วัน	กะหล่ำปลม	65-75 วัน

ทั้งนี้ นับจากวันที่เมล็ดงอกเป็นต้นกล้าที่มีใบเลี้ยงอย่างสมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์

ขั้นตอน	รายการ	เวลา (เดือน)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	ศึกษาและวิเคราะห์เอกสาร	█												
2	ออกแบบระบบ				█									
3	ประกอบและทดสอบระบบ					█								
4	ทำการทดลอง							█						
5	รวบรวม วิเคราะห์ และสรุป												█	
6	เรียบเรียง จัดพิมพ์												█	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายพรเทพ กุริพัฒน์ เกิดวันที่ 10 มกราคม 2506 ที่กรุงเทพมหานคร
สำเร็จการศึกษาได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จาก
มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ เมื่อปี พ.ศ.2527 ปัจจุบันรับราชการ ในตำแหน่ง
วิศวกรโยธา ระดับ 5 กองออกแบบ กรมชลประทาน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย