


	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 1												
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5												
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A														
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์															
<p>จุดประสงค์การเรียนรู้การสอน</p> <p>จุดประสงค์ทั่วไป</p> <ol style="list-style-type: none">1. เพื่อให้มีทักษะในการต่อวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์2. เพื่อให้มีทักษะในการต่อวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์3. เพื่อให้มีทักษะในการใช้งานโปรแกรม Proteus ในการจำลองการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล และวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์4. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A <p>จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม</p> <ol style="list-style-type: none">1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ได้ถูกต้อง2. ต่อวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้3. ต่อวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้4. ต่อวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้5. ต่อวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้6. ใช้โปรแกรม Proteus เพื่อต่อวงจรทดสอบการทำงานของแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล และวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้7. ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง ประณีต รอบคอบ ปลอดภัย และเสร็จภายในเวลาที่กำหนด อย่างมีคุณธรรม จริยธรรม <p>คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์</p> <ol style="list-style-type: none">1. มีความซื่อสัตย์สุจริต2. มีความอดทนอดกลั้น3. มีความรักสามัคคีในการปฏิบัติงาน4. มีมนุษยสัมพันธ์ในการทำงาน5. มีการคำนึงถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน <p>เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์การปฏิบัติงาน</p> <table><tr><td>1. ใบความรู้เรื่องการแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์</td><td>1 ชุด</td></tr><tr><td>2. ชุดทดลองวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์</td><td>1 ชุด</td></tr><tr><td>3. มัลติมิเตอร์</td><td>1 ตัว</td></tr><tr><td>4. สายต่อวงจร</td><td>50 เส้น</td></tr><tr><td>5. ตัวต้านทาน 10kΩ</td><td>1 ตัว</td></tr><tr><td>6. ตัวต้านทานปรับค่าได้ 10kΩ</td><td>2 ตัว</td></tr></table>				1. ใบความรู้เรื่องการแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์	1 ชุด	2. ชุดทดลองวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	1 ชุด	3. มัลติมิเตอร์	1 ตัว	4. สายต่อวงจร	50 เส้น	5. ตัวต้านทาน 10kΩ	1 ตัว	6. ตัวต้านทานปรับค่าได้ 10kΩ	2 ตัว
1. ใบความรู้เรื่องการแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์	1 ชุด														
2. ชุดทดลองวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์	1 ชุด														
3. มัลติมิเตอร์	1 ตัว														
4. สายต่อวงจร	50 เส้น														
5. ตัวต้านทาน 10kΩ	1 ตัว														
6. ตัวต้านทานปรับค่าได้ 10kΩ	2 ตัว														

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 3
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		


ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<p>1.2 จากวงจรในข้อที่ 1.1 ให้นักศึกษาเขียนโปรแกรมตามตัวอย่างต่อไปนี้โดยใช้โปรแกรม Keil uVision3 ตามขั้นตอนในใบความรู้เรื่องภาษาซีกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำการ Build โปรแกรมจนกว่าไม่เกิด Error เพื่อให้ได้ไฟล์นามสกุล .hex เพื่อนำไปใช้งานต่อไป</p> <pre>#include <reg51.h> #define adc_port P2 #define lcd_port P0 sbit rs_lcd = P0^2; sbit en_lcd = P0^3; sbit wr_adc = P0^1; const unsigned char ascii[16] = "0123456789ABCDEF"; void delay(int time){ char i; for(;time>0;time--) for(i=100;i>0;i--); } void lcd_busy(int time){ en_lcd = 0; for(;time>0;time--); en_lcd = 1; } void lcd_command(unsigned char cmd){ rs_lcd = 0; lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (cmd & 0xf0); lcd_busy(200); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (cmd << 4); lcd_busy(200); rs_lcd = 1; }</pre>			

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 4
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<pre>void lcd_putc(unsigned char dat){ rs_lcd = 1; lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (dat & 0xf0); lcd_busy(200); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (dat << 4); lcd_busy(200); rs_lcd = 1; } void lcd_puts(char *str){ while(*str != '\0') lcd_putc(*str++); } void lcd_init(){ en_lcd = 1; rs_lcd = 1; lcd_command(0x33); lcd_command(0x32); lcd_command(0x28); lcd_command(0x0c); lcd_command(0x06); lcd_command(0x01); delay(500); } unsigned char readADC(){ wr_adc = 0; delay(5); wr_adc = 1; delay(1); return adc_port; }</pre>			

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 5
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<pre>void showADC(unsigned char dat){ lcd_command(0xc0); lcd_putc(ascii[dat/100]); lcd_putc(ascii[(dat%100)/10]); lcd_putc(ascii[dat%10]); } void showVolt(unsigned char dat){ int iVolt; float fVolt; fVolt = dat * (5.0/255.0); iVolt = (int)(fVolt * 100.0); lcd_command(0xc4); lcd_putc(ascii[iVolt/100]); lcd_putc('.'); lcd_putc(ascii[(iVolt%100)/10]); lcd_putc(ascii[iVolt%10]); } void main(){ unsigned char dat; wr_adc = 1; lcd_init(); lcd_command(0x80); lcd_puts(" read ADC 8 bit "); while(1) { dat = readADC(); showADC(dat); showVolt(dat); delay(100); } }</pre>			

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 6
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		

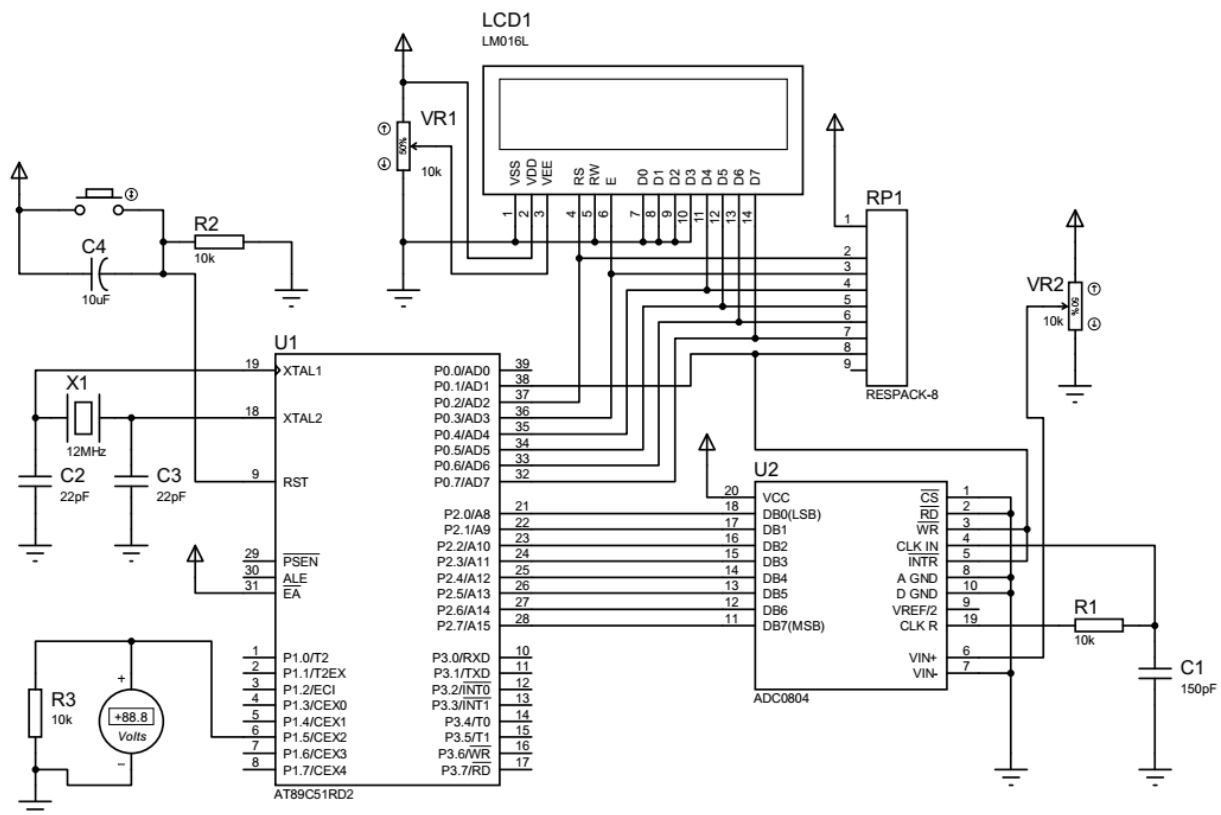
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<p>1.3 จากข้อที่ 1.2 ให้นักศึกษาใช้โปรแกรม Proteus ISIS ทำการจำลองการทำงานของวงจรเปรียบเทียบกับการทำงานของวงจรจริง โดยการโหลดไฟล์นามสกุล .hex ลงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51ED2 ด้วยโปรแกรม Flip 3.4.7 และป้อนแหล่งจ่ายให้บอร์ดทดลอง พร้อมทั้งทดลองปรับค่าความต้านทาน VR2 เพื่อให้ได้แรงดันตามตารางที่ 1.1 หลังจากนั้นให้บันทึกการทำงานลงในรูปตารางที่ 1.1</p> <p>ตารางที่ 1.1 ตารางบันทึกผลการทดลองการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลด้วย AT89C51ED2</p>			
แรงดันอินพุต Vin ที่ VR2	เอาต์พุตที่ Character LCD 16x2		
	ค่าข้อมูลเลขฐาน 10	แรงดันที่แสดงผล	
0.5V			
1.0V			
1.5V			
2.0V			
2.5V			
3.0V			
3.5V			
4.0V			
4.5V			
5.0V			

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 7
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		

ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

2. การต่อวงจรเพื่อทดสอบการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกของ AT89C51ED2


2.1 ให้นักศึกษาใช้ชุดทดลองวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ ร่วมกับบอร์ดใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51ED2 เพื่อต่อวงจรในรูปที่ 2.1 เพื่อทดลองการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกด้วย PWM




รูปที่ 2.1 รูปวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกด้วย AT89C51ED2 ผ่านโมดูล PWM

2.2 จากวงจรในข้อที่ 2.1 ให้นักศึกษาเขียนโปรแกรมตามตัวอย่างต่อไปนี้โดยใช้โปรแกรม Keil uVision3 ตามขั้นตอนในใบความรู้เรื่องภาษาซีกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำการ Build โปรแกรมจนกว่าไม่เกิด Error เพื่อให้ได้ไฟล์นามสกุล .hex เพื่อนำไปใช้งานต่อไป


```
#include <at89c51xd2.h>
#define adc_port P2
#define lcd_port P0
sbit rs_lcd = P0^2;
sbit en_lcd = P0^3;
sbit wr_adc = P0^1;
```


	ใบงานที่ 9	หน้าที่ 8
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A	

ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์
<pre>const unsigned char ascii[16] = "0123456789ABCDEF"; void delay(int time){ char i; for(;time>0;time--) for(i=100;i>0;i--); } void lcd_busy(int time){ en_lcd = 0; for(;time>0;time--); en_lcd = 1; } void lcd_command(unsigned char cmd){ rs_lcd = 0; lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (cmd & 0xf0); lcd_busy(200); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (cmd << 4); lcd_busy(200); rs_lcd = 1; } void lcd_putc(unsigned char dat){ rs_lcd = 1; lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (dat & 0xf0); lcd_busy(200); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (dat << 4); lcd_busy(200); rs_lcd = 1; }</pre>


	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 9
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<pre>void lcd_puts(char *str){ while(*str != '\0') lcd_putc(*str++); } void lcd_init(){ en_lcd = 1; rs_lcd = 1; lcd_command(0x33); lcd_command(0x32); lcd_command(0x28); lcd_command(0x0c); lcd_command(0x06); lcd_command(0x01); delay(500); } unsigned char readADC(){ wr_adc = 0; delay(5); wr_adc = 1; delay(1); return adc_port; } void showADC(unsigned char dat){ lcd_command(0xc0); lcd_putc(ascii[dat/100]); lcd_putc(ascii[(dat%100)/10]); lcd_putc(ascii[dat%10]); }</pre>			


	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 10
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<pre>void showVolt(unsigned char dat){ int iVolt; float fVolt; fVolt = dat * (5.0/255.0); iVolt = (int)(fVolt * 100.0); lcd_command(0xc4); lcd_putc(ascii[iVolt/100]); lcd_putc('.'); lcd_putc(ascii[(iVolt%100)/10]); lcd_putc(ascii[iVolt%10]); } void init_pwmCEX2(unsigned char dat){ //fout = 3.9kHz CMOD = 0x00; CCAPM2 = 0x42; CCON = 0x40; CCAP2H = 255 - dat; } void changDuty(unsigned char dat){ CCAP2H = 255 - dat; } void main(){ unsigned char dat; wr_adc = 1; lcd_init(); lcd_command(0x80); lcd_puts(" read ADC 8 bit "); init_pwmCEX2(readADC());</pre>			


	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 11																																														
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5																																														
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A																																																
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์																																																	
<pre> while(1) { dat = readADC(); changDuty(dat); showADC(dat); showVolt(dat); delay(100); } </pre> <p>2.3 จากข้อที่ 2.2 ให้นักศึกษาใช้โปรแกรม Proteus ISIS ทำการจำลองการทำงานของวงจรเปรียบเทียบกับการทำงานของวงจรจริง โดยการโหลดไฟล์นามสกุล .hex ลงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51ED2 ด้วยโปรแกรม Flip 3.4.7 และป้อนแหล่งจ่ายให้บอร์ดทดลอง พร้อมทั้งทดลองปรับค่าความต้านทาน VR2 เพื่อให้ได้แรงดันตามตารางที่ 2.1 หลังจากนั้นให้บันทึกการทำงานลงในรูปตารางที่ 2.1</p> <p>ตารางที่ 2.1 ตารางบันทึกผลการทดลองการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกด้วย AT89C51ED2</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">แรงดันอินพุต Vin ที่ VR2</th><th colspan="2">เอาต์พุตที่ Character LCD 16x2</th><th rowspan="2">แรงดันเฉลี่ยที่ขา PWM (CEX2)</th></tr> <tr> <th>ค่าข้อมูลเลขฐาน 10</th><th>แรงดันที่แสดงผล</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.5V</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.0V</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.5V</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.0V</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.5V</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3.0V</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3.5V</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4.0V</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4.5V</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5.0V</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				แรงดันอินพุต Vin ที่ VR2	เอาต์พุตที่ Character LCD 16x2		แรงดันเฉลี่ยที่ขา PWM (CEX2)	ค่าข้อมูลเลขฐาน 10	แรงดันที่แสดงผล	0.5V				1.0V				1.5V				2.0V				2.5V				3.0V				3.5V				4.0V				4.5V				5.0V			
แรงดันอินพุต Vin ที่ VR2	เอาต์พุตที่ Character LCD 16x2		แรงดันเฉลี่ยที่ขา PWM (CEX2)																																														
	ค่าข้อมูลเลขฐาน 10	แรงดันที่แสดงผล																																															
0.5V																																																	
1.0V																																																	
1.5V																																																	
2.0V																																																	
2.5V																																																	
3.0V																																																	
3.5V																																																	
4.0V																																																	
4.5V																																																	
5.0V																																																	

	ใบงานที่ 9	หน้าที่ 13
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A	


ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์
<pre>const unsigned char ascii[16] = "0123456789ABCDEF"; void lcd_busy(int time){ en_lcd = 0; for(;time>0;time--) __delay_us(500); en_lcd = 1; } void lcd_command(unsigned char cmd){ rs_lcd = 0; lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (cmd & 0xf0); lcd_busy(2); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (cmd << 4); lcd_busy(2); rs_lcd = 1; } void lcd_putc(unsigned char dat){ rs_lcd = 1; lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (dat & 0xf0); lcd_busy(2); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (dat << 4); lcd_busy(2); rs_lcd = 1; } void lcd_puts(char *str){ while(*str != '\0') lcd_putc(*str++); }</pre>

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 14
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<pre>void lcd_init(){ lcd_tris &= 0x03; en_lcd = 1; rs_lcd = 1; lcd_command(0x33); lcd_command(0x32); lcd_command(0x28); lcd_command(0x0c); lcd_command(0x06); lcd_command(0x01); __delay_ms(500); } void init_adcAN2(){ ANSELbits.ANS2 = 1; TRISAbits.TRISA2 = 1; ADCON1bits.ADFM = 1; ADCON0bits.CHS1 = 1; ADCON0bits.ADON = 1; } int readAdcAN2(){ int val; ADCON0bits.GO = 1; while(ADCON0bits.GO); val = (ADRESH * 0x100) + ADRESL; return val; }</pre>			

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 15
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<pre>void showADC(int dat){ lcd_command(0xc0); lcd_putc(ascii[dat/1000]); lcd_putc(ascii[(dat%1000)/100]); lcd_putc(ascii[(dat%100)/10]); lcd_putc(ascii[dat%10]); } void showVolt(int dat){ int iVolt; float fVolt; fVolt = dat * (5.0/1023.0); iVolt = (int)(fVolt * 100.0); lcd_command(0xc5); lcd_putc(ascii[iVolt/100]); lcd_putc('.'); lcd_putc(ascii[(iVolt%100)/10]); lcd_putc(ascii[iVolt%10]); } void main(){ int dat; lcd_init(); lcd_command(0x80); lcd_puts(" read ADC 8 bit "); init_adcAN2(); while(1) { dat = readAdcAN2(); showADC(dat); showVolt(dat); __delay_ms(100); } }</pre>			

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 16
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		

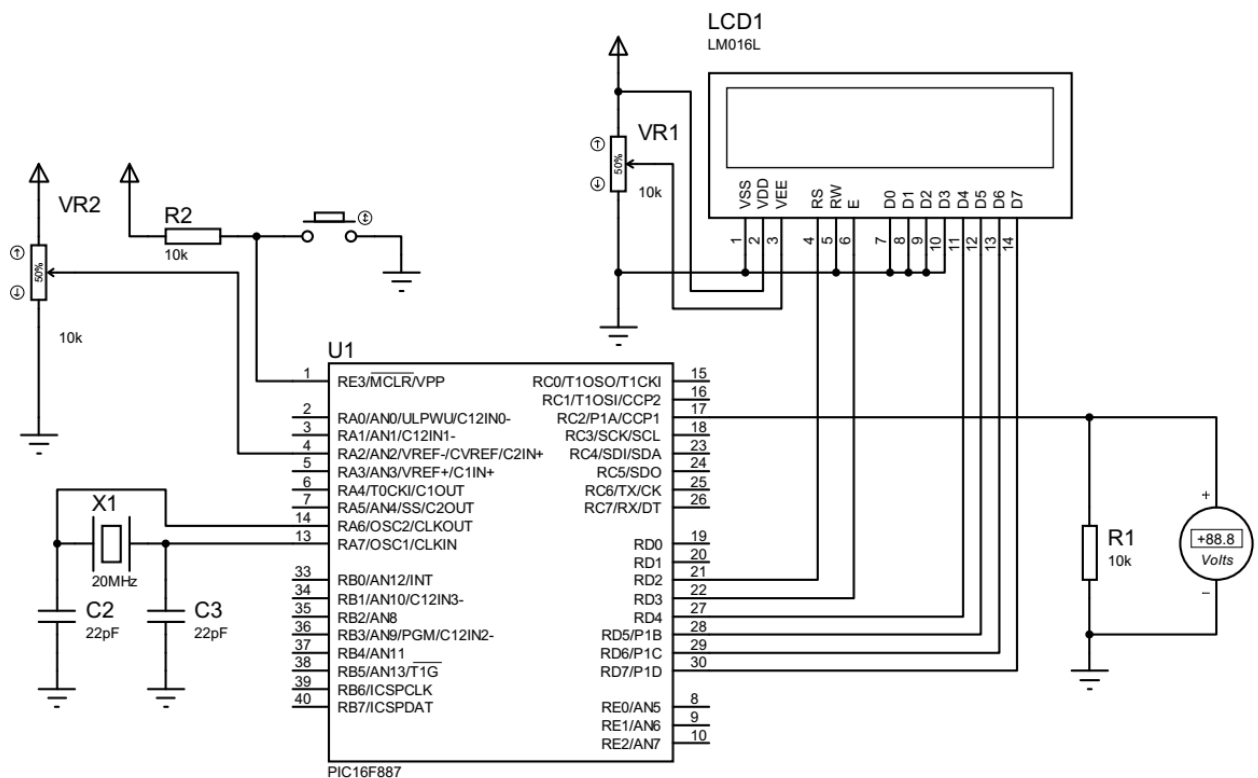
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<p>3.3 จากข้อที่ 3.2 ให้นักศึกษาใช้โปรแกรม Proteus ISIS ทำการจำลองการทำงานของวงจรเปรียบเทียบกับการทำงานของวงจรจริง โดยการโหลดไฟล์นามสกุล .hex ลงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 ด้วยโปรแกรม MPLAB X ร่วมกับเครื่องโปรแกรม Pickit3 และป้อนแหล่งจ่ายให้บอร์ดทดลอง พร้อมทั้งทดลองปรับค่าความต้านทาน VR2 เพื่อให้ได้แรงดันตามตารางที่ 3.1 หลังจากนั้นให้นักศึกษาบันทึกการทำงานลงในรูปตารางที่ 3.1</p> <p>ตารางที่ 3.1 ตารางบันทึกผลการทดลองการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลด้วย PIC16F887</p>			
แรงดันอินพุต Vin ที่ VR2	เอาต์พุตที่ Character LCD 16x2		
	ค่าข้อมูลเลขฐาน 10	แรงดันที่แสดงผล	
0.5V			
1.0V			
1.5V			
2.0V			
2.5V			
3.0V			
3.5V			
4.0V			
4.5V			
5.0V			

	ใบงานที่ 9	หน้าที่ 17
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A	

ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

4. การต่อวงจรเพื่อทดสอบการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกของ PIC16F887


4.1 ให้นักศึกษาใช้ชุดทดลองวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ ร่วมกับบอร์ดใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 เพื่อต่อวงจรในรูปที่ 4.1 เพื่อทดลองการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกด้วย PWM




รูปที่ 4.1 รูปวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกด้วย PIC16F887 ผ่านโมดูล PWM


4.2 จากวงจรในข้อที่ 4.1 ให้นักศึกษาเขียนโปรแกรมตามตัวอย่างต่อไปนี้โดยใช้โปรแกรม MPLAB X ตามขั้นตอนในใบความรู้เรื่องภาษาซีกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำการ Build โปรแกรมจนกว่าไม่เกิด Error เพื่อให้ได้ไฟล์นามสกุล .hex เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

```
#define _XTAL_FREQ 20000000
#include <xc.h>
#define lcd_port PORTD
#define lcd_tris TRISD
#define rs_lcd RD2
#define en_lcd RD3
```


	ใบงานที่ 9	หน้าที่ 18
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A	

ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์
<pre>const unsigned char ascii[16] = "0123456789ABCDEF"; void lcd_busy(int time){ en_lcd = 0; for(;time>0;time--) __delay_us(500); en_lcd = 1; } void lcd_command(unsigned char cmd){ rs_lcd = 0; lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (cmd & 0xf0); lcd_busy(2); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (cmd << 4); lcd_busy(2); rs_lcd = 1; } void lcd_putc(unsigned char dat){ rs_lcd = 1; lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (dat & 0xf0); lcd_busy(2); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (dat << 4); lcd_busy(2); rs_lcd = 1; } void lcd_puts(char *str){ while(*str != '\0') lcd_putc(*str++); }</pre>


	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 19
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<pre>void lcd_init(){ lcd_tris &= 0x03; en_lcd = 1; rs_lcd = 1; lcd_command(0x33); lcd_command(0x32); lcd_command(0x28); lcd_command(0x0c); lcd_command(0x06); lcd_command(0x01); __delay_ms(500); } void init_adcAN2(){ ANSELbits.ANS2 = 1; TRISAbits.TRISA2 = 1; ADCON1bits.ADFM = 1; ADCON0bits.CHS1 = 1; ADCON0bits.ADON = 1; } int readAdcAN2(){ int val; ADCON0bits.GO = 1; while(ADCON0bits.GO); val = (ADRESH * 0x100) + ADRESL; return val; }</pre>			

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 20
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<pre>void showADC(int dat){ lcd_command(0xc0); lcd_putc(ascii[dat/1000]); lcd_putc(ascii[(dat%1000)/100]); lcd_putc(ascii[(dat%100)/10]); lcd_putc(ascii[dat%10]); } void showVolt(int dat){ int iVolt; float fVolt; fVolt = dat * (5.0/1023.0); iVolt = (int)(fVolt * 100.0); lcd_command(0xc5); lcd_putc(ascii[iVolt/100]); lcd_putc('.'); lcd_putc(ascii[(iVolt%100)/10]); lcd_putc(ascii[iVolt%10]); } void init_pwm_ccp1(int dat){ int i; float f; f = dat * (78.0/1023.0); i = (int)(f * 1.0); TRISCbits.TRISC2 = 0; CCP1CON = 0x0f; PR2 = 78; CCPR1L = 78 - i; T2CON = 0x07; }</pre>			

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 21
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<pre>void changeDutyCCP1(int dat){ int i; float f; f = dat * (78.0/1023.0); i = (int)(f * 1.0); CCPR1L = 78 - i; T2CON = 0x07; } void main(){ int dat; lcd_init(); lcd_command(0x80); lcd_puts(" read ADC 8 bit "); init_adcAN2(); init_pwm_ccp1(readAdcAN2()); while(1) { dat = readAdcAN2(); changeDutyCCP1(dat); showADC(dat); showVolt(dat); __delay_ms(100); } }</pre>			
<p>4.3 จากข้อที่ 4.2 ให้นักศึกษาใช้โปรแกรม Proteus ISIS ทำการจำลองการทำงานของวงจรเปรียบเทียบกับการทำงานของวงจรจริง โดยการโหลดไฟล์นามสกุล .hex ลงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 ด้วยโปรแกรม MPLAB X ร่วมกับเครื่องโปรแกรม Pickit3 และป้อนแหล่งจ่ายให้บอร์ดทดลอง พร้อมทั้งทดลองปรับค่าความต้านทาน VR2 เพื่อให้ได้แรงดันตามตารางที่ 4.1 หลังจากนั้นให้บันทึกการทำงานลงในรูปตารางที่ 4.1</p>			

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 22
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		

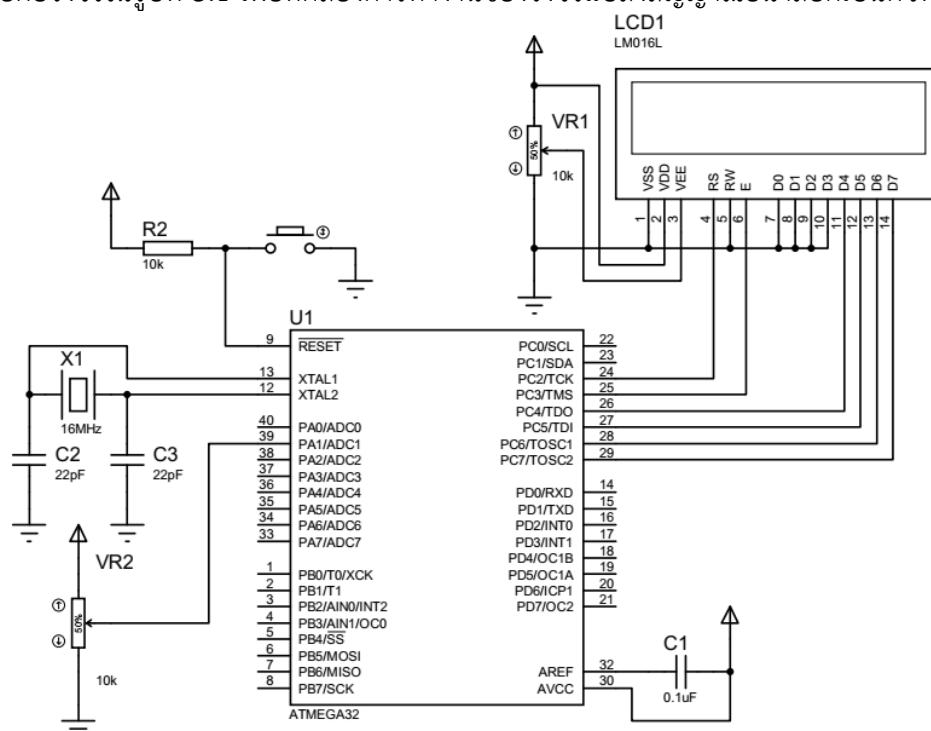
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกด้วย PIC16F887			
แรงดันอินพุต Vin ที่ VR2	เอาต์พุตที่ Character LCD 16x2		แรงดันเฉลี่ยที่ขา PWM (CCP1)
	ค่าข้อมูลเลขฐาน 10	แรงดันที่แสดงผล	
0.5V			
1.0V			
1.5V			
2.0V			
2.5V			
3.0V			
3.5V			
4.0V			
4.5V			
5.0V			

	ใบงานที่ 9	หน้าที่ 23
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A	

ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

5. การต่อวงจรเพื่อทดสอบการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลของ ATMEGA32

5.1 ให้นักศึกษาใช้ชุดทดลองวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ ร่วมกับบอร์ดใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 เพื่อต่อวงจรในรูปที่ 5.1 เพื่อทดลองการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล




รูปที่ 5.1 รูปวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลด้วย ATMEGA32

5.2 จากวงจรในข้อที่ 5.1 ให้นักศึกษาเขียนโปรแกรมตามตัวอย่างต่อไปนี้โดยใช้โปรแกรม AVR Studio 6.2 ตามขั้นตอนในใบความรู้เรื่องภาษาซีกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำการ Build โปรแกรมจนกว่าไม่เกิด Error เพื่อให้ได้ไฟล์นามสกุล .hex เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 16000000UL
#include <util/delay.h>
#define lcd_port PORTC
#define lcd_ddr DDRC
#define rs_lcd PC2
#define en_lcd PC3

const unsigned char ascii[16] = "0123456789ABCDEF";
```

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 24
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<pre>void lcd_busy(int time){ lcd_port &= ~(1<<en_lcd); for(;time>0;time--) _delay_us(500); lcd_port = (1<<en_lcd); } void lcd_command(unsigned char cmd){ lcd_port &= ~(1<<rs_lcd); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (cmd & 0xf0); lcd_busy(2); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (cmd << 4); lcd_busy(2); lcd_port = (1<<rs_lcd); } void lcd_putc(unsigned char dat){ lcd_port = (1<<rs_lcd); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (dat & 0xf0); lcd_busy(2); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (dat << 4); lcd_busy(2); lcd_port = (1<<rs_lcd); } void lcd_puts(char *str){ while(*str != '\0') lcd_putc(*str++); } void init_adc1(){ ADMUX = 0b01000001; ADCSRA = 0b10100100; }</pre>			

	ใบงานที่ 9	หน้าที่ 25
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A	


ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์


```
void lcd_init(){
    lcd_ddr |= 0xfc;
    lcd_port |= (1<<en_lcd);
    lcd_port |= (1<<rs_lcd);
    lcd_command(0x33);
    lcd_command(0x32);
    lcd_command(0x28);
    lcd_command(0x0c);
    lcd_command(0x06);
    lcd_command(0x01);
    _delay_ms(500);
}

int readAdc1(){
    ADCSRA |= (1<<ADSC);
    while(ADCSRA & (1<<ADIF)); // while(ADCSRA & (1<<ADSC));
    return ADCW;
}

void showADC(int dat){
    lcd_command(0xc0);
    lcd_putc(ascii[dat/1000]);
    lcd_putc(ascii[(dat%1000)/100]);
    lcd_putc(ascii[(dat%100)/10]);
    lcd_putc(ascii[dat%10]);
}

void showVolt(int dat){
    int iVolt;
    float fVolt;
    fVolt = dat * (5.0/1023.0);
    iVolt = (int)(fVolt * 100.0);
    lcd_command(0xc5);
    lcd_putc(ascii[iVolt/100]);
    lcd_putc('.');
    lcd_putc(ascii[(iVolt%100)/10]);
    lcd_putc(ascii[iVolt%10]);
}
```

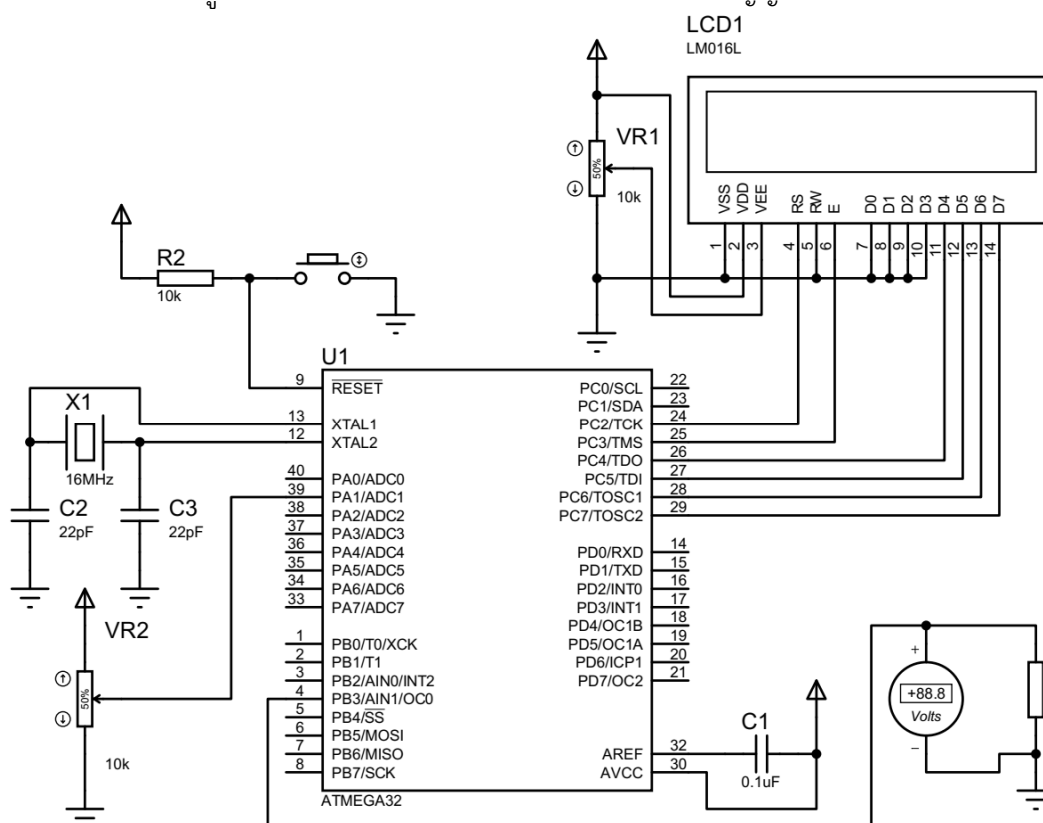
	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 26
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<pre> int main(){ int dat; lcd_init(); lcd_command(0x80); lcd_puts(" read ADC 8 bit "); init_adc1(); while(1) { dat = readAdc1(); showADC(dat); showVolt(dat); _delay_ms(100); } return 0; } </pre>			
<p>5.3 จากข้อที่ 5.2 ให้นักศึกษาใช้โปรแกรม Proteus ISIS ทำการจำลองการทำงานของวงจรเปรียบเทียบกับการทำงานของวงจรจริง โดยการโหลดไฟล์นามสกุล .hex ลงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 ด้วยโปรแกรม AVR Studio 6.2 ร่วมกับเครื่องโปรแกรม AVR STK500V2 และป้อนแหล่งจ่ายให้บอร์ดทดลอง พร้อมทั้งทดลองปรับค่าความต้านทาน VR2 เพื่อให้ได้แรงดันตามตารางที่ 5.1 หลังจากนั้นให้บันทึกการทำงานลงในรูปตารางที่ 5.1</p>			
ตารางที่ 5.1 ตารางบันทึกผลการทดลองการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลด้วย ATMEGA32			
แรงดันอินพุต Vin ที่ VR2	เอาต์พุตที่ Character LCD 16x2		
	ค่าข้อมูลเลขฐาน 10	แรงดันที่แสดงผล	
0.5V			
1.0V			
1.5V			
2.0V			
2.5V			
3.0V			
3.5V			
4.0V			
4.5V			
5.0V			

	ใบงานที่ 9	หน้าที่ 27
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A	

ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

6. การต่อวงจรเพื่อทดสอบการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกของ ATMEGA32


6.1 ให้นักศึกษาใช้ชุดทดลองวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ ร่วมกับบอร์ดใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 เพื่อต่อวงจรในรูปที่ 6.1 เพื่อทดลองการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกด้วย PWM




รูปที่ 6.1 รูปวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกด้วย ATMEGA32 ผ่านโมดูล PWM

6.2 จากวงจรในข้อที่ 6.1 ให้นักศึกษาเขียนโปรแกรมตามตัวอย่างต่อไปนี้โดยใช้โปรแกรม AVR Studio 6.2 ตามขั้นตอนในใบความรู้เรื่องภาษาซีกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำการ Build โปรแกรมจนกว่าไม่เกิด Error เพื่อให้ได้ไฟล์นามสกุล .hex เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 16000000UL
#include <util/delay.h>
#define lcd_port PORTC
#define lcd_ddr DDRC
#define rs_lcd PC2
#define en_lcd PC3
```


	ใบงานที่ 9	หน้าที่ 28
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A	

ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์
<pre>const unsigned char ascii[16] = "0123456789ABCDEF"; void lcd_busy(int time){ lcd_port &= ~(1<<en_lcd); for(;time>0;time--) _delay_us(500); lcd_port = (1<<en_lcd); } void lcd_command(unsigned char cmd){ lcd_port &= ~(1<<rs_lcd); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (cmd & 0xf0); lcd_busy(2); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (cmd << 4); lcd_busy(2); lcd_port = (1<<rs_lcd); } void lcd_putc(unsigned char dat){ lcd_port = (1<<rs_lcd); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (dat & 0xf0); lcd_busy(2); lcd_port = (lcd_port & 0x0f) (dat << 4); lcd_busy(2); lcd_port = (1<<rs_lcd); } void lcd_puts(char *str){ while(*str != '\0') lcd_putc(*str++); }</pre>


	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 29
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<pre>void lcd_init(){ lcd_dds = 0xfc; lcd_port = (1<<en_lcd); lcd_port = (1<<rs_lcd); lcd_command(0x33); lcd_command(0x32); lcd_command(0x28); lcd_command(0x0c); lcd_command(0x06); lcd_command(0x01); _delay_ms(500); } void init_adc1(){ ADMUX = 0b01000001; ADCSRA = 0b10100100; } int readAdc1(){ ADCSRA = (1<<ADSC); while(ADCSRA & (1<<ADIF)); // while(ADCSRA & (1<<ADSC)); return ADCW; } void showADC(int dat){ lcd_command(0xc0); lcd_putc(ascii[dat/1000]); lcd_putc(ascii[(dat%1000)/100]); lcd_putc(ascii[(dat%100)/10]); lcd_putc(ascii[dat%10]); }</pre>			

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 30
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<pre>void showVolt(int dat){ int iVolt; float fVolt; fVolt = dat * (5.0/1023.0); iVolt = (int)(fVolt * 100.0); lcd_command(0xc5); lcd_putc(ascii[iVolt/100]); lcd_putc('.'); lcd_putc(ascii[(iVolt%100)/10]); lcd_putc(ascii[iVolt%10]); } void pwmOC0_init(int dat){ int i; float f; f = dat * (255.0/1023.0); i = (int)(f * 1.0); DDRB = (1<<PB3); TCCR0 = 0x62; OCR0 = i; } void changDutyOC0(int dat){ int i; float f; f = dat * (255.0/1023.0); i = (int)(f * 1.0); OCR0 = i; }</pre>			

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 31
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<pre>int main(){ int dat; lcd_init(); lcd_command(0x80); lcd_puts(" read ADC 8 bit "); init_adc1(); pwmOC0_init(readAdc1()); while(1) { dat = readAdc1(); changDutyOC0(dat); showADC(dat); showVolt(dat); _delay_ms(100); } return 0; }</pre>			

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 32
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		

ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<p>6.3 จากข้อที่ 6.2 ให้นักศึกษาใช้โปรแกรม Proteus ISIS ทำการจำลองการทำงานของวงจรเปรียบเทียบกับการทำงานของวงจรจริง โดยการโหลดไฟล์นามสกุล .hex ลงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 ด้วยโปรแกรม AVR Studio 6.2 ร่วมกับเครื่องโปรแกรม AVR STK500V2 และป้อนแหล่งจ่ายให้บอร์ดทดลอง พร้อมทั้งทดลองปรับค่าความต้านทาน VR2 เพื่อให้ได้แรงดันตามตารางที่ 6.1 หลังจากนั้นให้นักศึกษาบันทึกการทำงานลงในรูปตารางที่ 6.1</p> <p>ตารางที่ 6.1 ตารางบันทึกผลการทดลองการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกด้วย ATMEGA32</p>			
แรงดันอินพุต Vin ที่ VR2	เอาต์พุตที่ Character LCD 16x2		แรงดันเฉลี่ยที่ขา PWM (OC0)
	ค่าข้อมูลเลขฐาน 10	แรงดันที่แสดงผล	
0.5V			
1.0V			
1.5V			
2.0V			
2.5V			
3.0V			
3.5V			
4.0V			
4.5V			
5.0V			

	ใบงานที่ 9		หน้าที่ 38
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์			
<p>แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง</p> <p>1. ให้ออกแบบวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลที่รับแรงดันอินพุต 0 – 5V โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 และอ่านค่าสัญญาณจากช่อง AN13 พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมและทดสอบการทำงานของวงจร</p> <p>2. ให้ออกแบบวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลที่รับแรงดันอินพุต 0 – 5V โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 และอ่านค่าสัญญาณจากช่อง ADC7 พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมและทดสอบการทำงานของวงจร</p> <p>3. ให้ออกแบบวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกที่มีความละเอียดขนาด 10 บิตโดยใช้ขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นสัญญาณอินพุตของวงจร และให้เลือกค่าดิจิทัลอินพุตจากขาสัญญาณอนาล็อกของไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงผลด้วยอุปกรณ์ Character LCD ขนาด 16x2 และวงจร DAC ใช้วงจรแบบ R/2R แลตเตอร์</p>			

[illegible]