# Passive RF Energy Harvester at 5.8 GHz

MITCHELL PERICAK '17 BRADLEY UNIVERSITY DEPT. OF ELECTRICAL ENGINEERING

ADVISORS: DR. BRIAN HUGGINS & DR. PRASAD SHASTRY



**BRADLEY** University Department of Electrical and Computer Engineering

#### What to Expect

- What is RF Energy Harvesting?
- History, Patents, Purpose
- Project Goals
- Diagram
- Matching Network
- Designs
- Conclusion

#### What is RF Energy Harvesting?

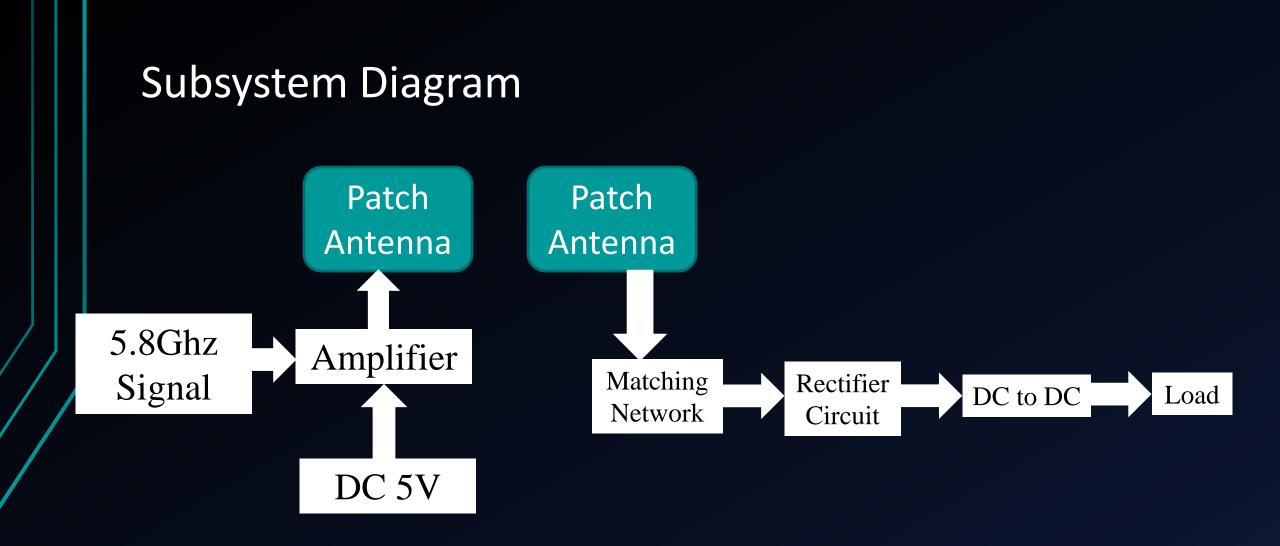
- RF signal is broadcasted from transmitter.
- RF signal is rectified by a series of diodes and capacitors to yield a DC output.

#### Patents

- Ford Global Technology
- MIT Research
- Apple 3' Distance Charging

## Scope of Project

 Design a rectifier that takes an input of 5.8GHz and produces an output voltage high enough to feed a DC to DC converter to charge a small battery or power a small sensor.



#### What is a matching network?

- Matching Network: Transfer maximum power from the antenna to the circuit.
- The rectifier is non linear so there is issues with the matching network completing its intended function. It is not clear if the matching network can truly optimize an RF harvester.

# Design With Matching Network

		• •																									
,	<u> </u>	-4	· · ·		-		<b></b>		-		)——	-		~	+	<b>}~</b>	-14	· · · ·		<u> </u>	<b>_</b>			<b></b>		Voltage	eOutputt
	MLIN	· · ·	MLIN		٦,	MLII 1cm E_ADS Sub: W=: st="MSub1[=10 148689 cm .148689 cm			MLIN	C AP_19 C1 "MSub1" C= I8689 cm mil		MLIN	· · · <b>'</b>	E_ADS st="MSub1" :148689 cm :148689 cm :148689 cm	1cmGA	NP_2	Diode DIODE1		MLIN 1cmGAP_4	<b>L</b>	┫╴╴╴╴╴	MLIN 1cmGAP_6 Subst="MSub1" W=.148689 cm	· · · · 🖓		MLIN 1cmGAP 8		
	Connector Subst="MSu	ib1" S	1cmGAP_ Subst="M	1 Sub1"	МТЕ	E_ADS Sub	GAP_18 C2 st="MSub1 <u>b</u> =	5.6 nH	Subst=	AP_19 C1 ="MSub1" C=	2400 pF	Subst="I	_20 MTE VISub1țee	E_ADS	Subst=' W= 148	"MSub1" 8689.cm	DIODE1 Model=SMS Area= Periph=	\$7630	1cmGAP_4 Subst="MSub1" W=.148689 cm	MT	E_ADS	Subst="MSub1"	MTEE	ADS	1cmGAP_8 Subst="MSub1" W=.148689 cm		· · · LSSP · · ·
	Subst="MSu W= .148689 L=148 mil	ciu /	W=.14868 L=196 mil	89 cm .	Tee Sub	: = : w= : st="MSub1(] = 1g	148689 cmR= 96 mil	• • • •	W=.14 L=196	18689 cm mil		W=.1480	389 cm <sub>Sub</sub> nil wr	st="MSub1" 149690.cm	L=196 r	mil	Periph= .		L=196 mil	<ul> <li>Sub</li> </ul>	s⊨"MSub1" · · · ·	L=196 mil	Subst=	"M Sub1" 48689 cm.	L=393 mil		HB1 Freq[1]=5.8 Gł Order[1]=5 LSSP_FreqAtF
				· · ·	W1 W2	.148689 cm 148689 cm							W2	.148689 cm			Scale= Region=				= .148689 cm = .148689 cm = .148689 cm		W1#.1 W2#.1	48689 cm 48689 cm 48689 cm			LSSP_FreqAtF
					W3	.148689 cm							: W3	148689 cm			Temp= Trise=			W3	148689 cm		. W3=.1	48689 cm			
		• •			· ·							· · ·	· · · ]	MLIN		••••	Mode⊂nonli	near · ·		· · · <b>r</b>	1cmGAP_5				L		
: 🛃	P_1Tone				ئم 🔪	MLIN 1cmGAP 17								1cmGAP_8 Subst="MSub	ы"						Subst="MSub1" W=.148689 cm		<b>_</b> _	MLIN		P_Probe	
	PORT1 Num=1	• •			·	1cmGAP_17 Subst="MSul W=.148889	ыт на						ւււլ	W= 148689 c L=500 mil	cm						L=.500 mil			1cmGAP_7 Subst="MSub1"		P_Probe1	
<u> </u>	Num=1 Z=50 Ohm P=dbmtow( Eren=5.8 G		 M	· · ·	<u>୍</u> ୟ	L= 150 mil			. MSub															W=.148689 cm L=100 mil		R1 R=22500 Ohm	
[	Freq=5.8 G	Hz				с···				<b></b>				Diode DIODE2							·C2						
•••		• •			1	C5 C=.49628e1	 eF		MSUB MSub1 H=.060	1			: : :Z	Model=SMS7 Area=	7630					<b>-</b>	C=10-uF-		· · · ]				
					T	04802061	PF		H=.060 Er=3.9	096 cm : :				Periph= Scale=									L	C3			
<b>=</b>		• •			· - ]	MLIN			• Mur=1 Cord=	1.05+50				Region=									···Ť	C= 10 uF			· · · 🙀 · HARMC
					: : <b>[</b> ]	1cmGAP_21 Subst="MSul	ы"		Hu=3.9	De+034 mil				Temp= Trise=											· · · · · · ·		HarmonicBalanc
					ւլ	W= 148689 L= 150 mil	cm		T=.001	1.0E+50 9e+034 mil 14 in .013				Mode=nonlin	ear .												Freq[1]=5.8 GHz
		•••				é- ion úm			Rough Bbase	⊫0 mil · ·			: : : <b>_</b>	MLIN						i i i i	1cmGAP_10					· 🛨 · · · · ·	• Order[1]=5
						VIA			Dpeak	s=				1cmGAP_9 Subst="MSub	ы1"						1cmGAP_10 Subst="MSub1" W=.148689 cm		<b>h</b>	MLIN 1cmGAP_11			
· · ·		• •			R	V4 D1=.10 cm D2=.10 cm H=24.0 mil						· · ·	····	VV= 148689 c L=600 mil	cm		• • •			· · · •	L=600 mil			1cmGAP_11 Subst="MSub1" W= 148689 cm L=400 mil		🐴 ' S-PARAMI	ETER'S '
Bv=2 V	Vjsw=				h	D2=.10 cm H=24.0 mil																	· · · 🖓	L=400 mil		S_Param	
Ibv=1E-4 Nbv=	A Fosw= AllowSo Tnom=	aling=no			Y	• T=.0266 in							<b>ئے</b> د د	MLIN 1cmGAP_12 Subst="MSut W= 20 cm							MLIN' · · · · ·					.SR1	
lbvl= Nbvl=	Tnom= Trise=		· · ·	: <u>_</u>	11				 					Subst="MSul	b1"					1 1 1 <b>[</b>	1cmGAP_16 Subst="MSub1"		::: <b>:</b>	MLIN 1cmGAP 14		Stop=	
Kf=	Xti=												· · · <b>۲</b>	L= .20 cm						<b>L</b>	W=20 cm			Subst="MSub1"		Step=	
At= Ffe= Jsw=	Eg= AllParan	ns=	· · ·																		L-20 cm			W=.20 cm. L=.20 cm			
Jswi= Rsw=																											
Gleaksø Ns=	=	• •												VIA V1							· VIA· · · · · ·		📘	VIA			
kp=													. N	D1=.10 cm D2=.10 cm						<b>.</b> .	V5 D1=.10 cm		A	V3 D1=.10 om			
Cjsw= Msw=		• •											· · 6	🔿 H=24:0 mil						· · · .	00 D1=.10 cm D2=.10 cm H=24.0 mil T=.0266 in		B	D1= 10 om D2= 10 om H=24.0 mil T= 0266 in			
														T=.0286 in						111	T=.0266 in		$\Upsilon$	T=.0266 in			
													: : : <b>_</b>														
																							=				

#### Simulation Results Not As Expected

• The simulation of this circuit could never reach the proper output voltage of between .9V and 1.8V.

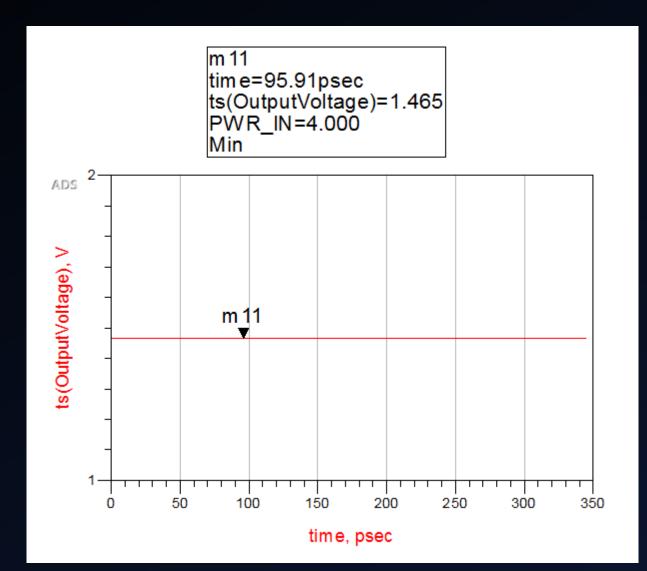
• After researching, the design of a simplified 1 stage charge pump with a second diode doubled the voltage.

 Positive half cycle charges Diode1 and Negative half cycle charges Diode2. As time goes on less time is needed to keep it charged.

## Half Stage Charge Pump Design To Boost Voltage

				[4	È		
					V Out		<u>OutputVol</u> tage
		I_Probe			I_Probe		
		I_Probe1 DIODE1			I_Probe2	P_Probe	
	C=2400 pF	Model=SI				- P_Proben	R
· .	P 1Tone	ode Area=		С			
Ĩ	PORT1 DI	ODF2 Periph=	· · · · <u> </u>				······································
1	Num=1 T M	0001=51057630	· · · · <del>*</del>	C=10 u⊦			· · · · · · · ·]· · · · · ·
2	🖞 Z=50 Ohm 👘 👘 🕂 Ar	rea= Region=					· · · · · · · · · · · · · · · · · ·
ુન્	Pedbmtow(PWR_IN)	eriph≐ Temp=					
•	· · ·	cale=					· · · · · · · · · · · · · · ·
		sylon.	ninear				· · · · · · · · · · · · · · · ·
•		mp= ise=					· · · · · · · · · · · · · · ·
·		ode=nonlinear					· · · · · · · · · · · · · ·
		······································					

## Testing & Simulations

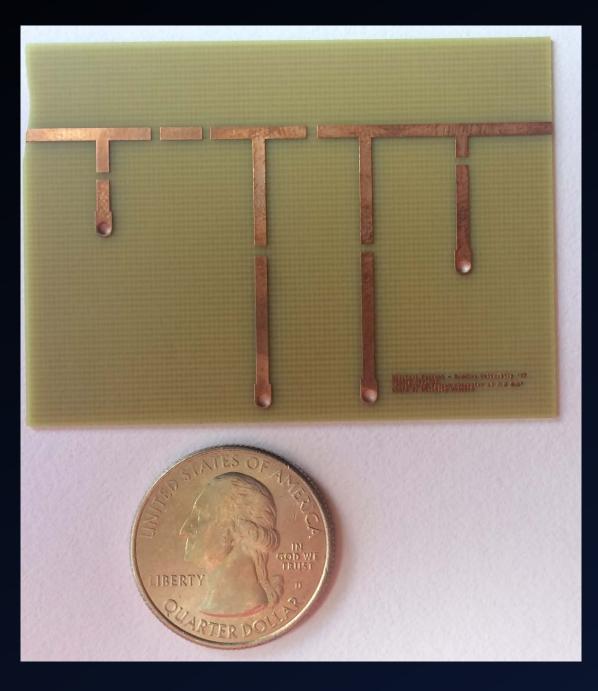


#### 3 Designs to be made after this conclusion

- Circuit Without Matching Network (SMA EDGE)
- Circuit With Matching Network (SMA EDGE)
- Circuit With Matching Network With On Board Charge Pump

# Layout 1 – With Matching (SMA ENDS)

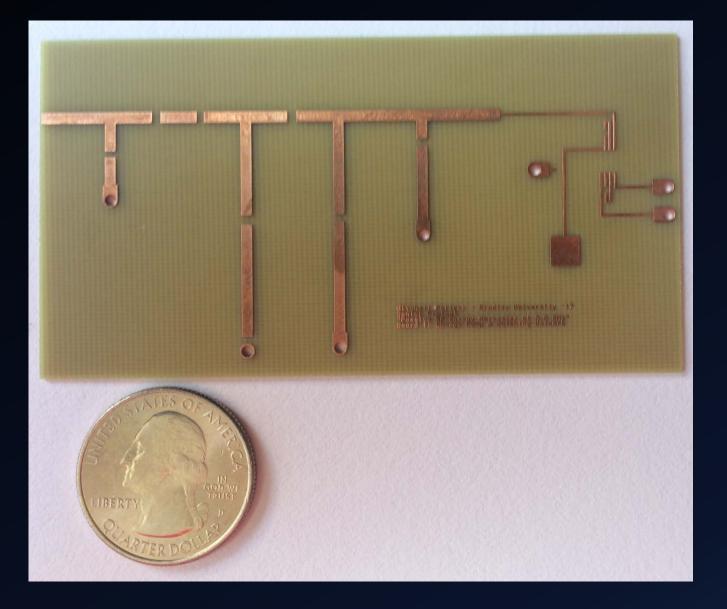
+ +		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +
- C 4)	maater	r - 1	•+	+ 140	0/8_1		■ +T=+	+ -	+ \	-met-P	17 +	-0	<b>0</b> +	-11-04	ellette	+		; + 1¢	WAR_14	+	T-41	• +	10000	ŀ₽_£	+	• 10₽ET	. +	\ <del>en</del> GAP	-+	+ 🔳 T+	+2 🔳 -				6AP_8-			+	T##3 📕				1janGAP				+ 📀	++
												Ť	Ť.			Ľ					•	-			Ĩ																							
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	†	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+ 1993HP_7	+	+	+	+	+	+	+ :		+ +
+ +	• •	+	+	+	+	+	l attern	r_a#	+	+	+	+	+	+	+	+	+ ·	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ -	+	- +
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ ·	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	-	5	+	+	+	+	+	+	+	+ +
+ +	• •	+	+	+	+	+	-+~	F00.0F	• +	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ -	+	+ +
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	ļ	+	+	+	+	+	+	+	+	+ ·	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ -	+	+ +
+ +		+	+	+	+	+	iknev +	•_+e	+	+	+	+	+	+	+	+	+ .	+ +	+ +	+	120019_ +	, +	+	+	+	+	+	+	+	+ +	2_94 +	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +
+ +	• -	+	+	+	+	+	+_	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	. <del>.</del>	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +
+ +		+	+	+	+	+	1,014.0	431-	+	+	+	+	+	+	+	+	ļ .	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	ده +	се_4 <i>м</i> ра +	+	+	+	+	+	+	+	+	
+ +		L			_	_		<b>N</b> .																																				1				
							-	<i>.</i>								Ţ.	Ī						-										г т 			+				Ţ		Ţ	Ţ		Ţ			
	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+ -	+ +	+	۰	, †	+	+	+	+	+	+	+	† 🔹	÷.	+ -	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ -		
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+ 02	+	+	+	+	+	+	+	+ 3	<b>*</b>	+ +	+ +	+	+	+	+	+	<b>*</b>	+	+	+	+	+	+	+ :		
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ ·	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ "	+ +	+ +	+	+	+	+	+ 1a	artina Mila	+	+	+	+	+	+	+ -		- +
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+ +
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ ·	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ -	+	+ +
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ -	+ +	+ +	+	1 cerv2.45" - +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ •	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ļ .	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +
+ +		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	<b>.</b>	+ +	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +
+ +		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+ -	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ -	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
+ +		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+ -	+ +	+		+	+	+	+	+	+	+	+	Ť	+	+ -	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	÷	+ -		
+ +		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	† I	+	+ +	Mita S <del>e</del> ni	chet Ior I	I Ре Ргој	rica eqt	1 k <sup>+</sup> –	Br	oðle	¢υ		etsi	ŧy	*17	÷	+ -		
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ ·	+ +	+ +	+	+   am3AP	+• +	+	+	+	+	+	+	+	† 1 mai 64 ///	st_49	+ +	r"Pa∉ Boar	કર્ો ∰ત	e RF	Ene	е гнд у	Ha	rvees work	t⊬er	+a t	-5.8	+GH	3"	+	+ -		+ +
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +	+ +	+	1.	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +
+ +	• •	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ -	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ -	+ +	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ +



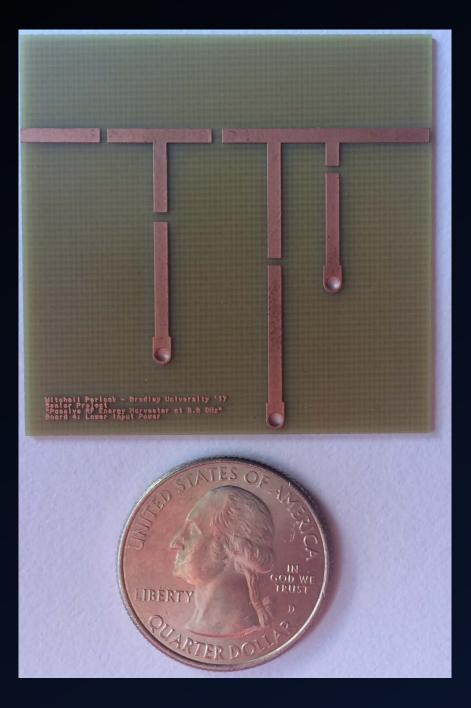
+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	541-ba	ng (.a.r.+		+	م <i>و</i> ر (	NP-JA	+ (	•	+			 q#P_4	•			+	T=41	+	nijev:	₩₽_ <b>\$</b>	+	+	+	14404	r_4	+	T#42	+			10000	v_4-			+	T++8	+				4 can F	40-P				+ <	+
+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 F	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+	- Wen +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0004°_0 +	+	+	+	+	+	+	+	+	••••••-7 +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 ÷	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+	() 	+	+	+	+	+	+	+	+	+	<b>Ş</b>	F_1 <sup>+</sup>	+	+	+	+	+	+	+	* *	·-+1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+	÷	* +	+	+	+	+	+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 ÷	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	. +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 ÷	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+ 14_914_24	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 F	+	+	+	+	ر «ایه» +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	÷ 10		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+ (		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+,		, +	+	+	+	+	M ) 5 e	tche ntor assi ard	11 191	Per roje	ica ct	'*	Br	adle	y_ U	niv	ers +	i ty	117 +	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	 -	+	+	+	+	1917 _A	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	βo	वद्रहा वद्रहा	¥° 2:	RF Ng	En e Møt	rgy ⇔∳i	hg	Natu	iter /ork	at +	5.8 +	3 GH +	1z" +	+	+
+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+



+	+	+	ŀ	+			+		+	+				+	+		÷	تباللحد		+							+	-		+					+	+ +		+ +																+				+		+	+	+	• +	• +	• +	
					4.0				Test			ALL (		A.	Δ.		-		24	Stater	-	-	10		Tula			and a		يلي ا	II DOLL			-			a 🔳												4	1	4		1				4									
	-	arrol(		T.	- T 16		. +		1.244		1.00			<b>V</b>				7 <u>7</u> 7	- 10	÷.	· <b>I</b> _ · · <u>I</u>			_7_	- 112					. 🗸	~	··								- T	Ŧ	Ŧ			Ŧ	Ŧ	Ŧ		<u>-</u> .		- ÷.		· .					-			Ŧ	+	+			
+	+	+	ŀ	+			+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		ŧ	+	÷-	·· Ŧ	-+-	-·· +·		+	· - · ·		÷	· Ŧ~		÷.	±	+	±		tt	:	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	<b>1</b> 8	+	+	+	• +	• +	• +	
			-	+	+	+					+	+	+	+	+	+					+	+	+	+					_	+	+	+	+		<u> </u>		-	<b>بر</b> ب		1	+	+	 +	+		+			·	 +								<u>-</u>	÷.	1						
	т	4																						Ŧ						T					- 1																								0	01.18	• т			- 1	- 1	
+	+	+	ŀ	+			+			+							+		-	t				+		+	+	-		+					+	+	-	+ +		<u>, †</u>							+	+	+	+								<b>_</b> +.	teret,	• *	+	+	• +	• +	• +	
+	+	+	+	+	+	+	+		2	<del>+</del>	+	+	+	+	+	+	+	• +		÷	+	+	+	+		+	+	-		+	+	+	+	+	+	- +		+ +		I +	+	·· +	~+~	+-	t	+	+	+	+	+	+	+	+	<b>5</b> 4	ł +	( and the	ьтя <sup>†</sup>		6.8	<u>к</u> .,	+	+	• +	• •	• •	+
									<b>1</b>	Pr-4																																				· — · ·		·		_								ď								
+	+	+	F	+	+	+	+		+	f	+	+	+	+	+	+	+	• +		t	+	+	+	+	+	. +	+	-	+ ·	+	+	+	+	+	+	+		+ +		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-+-	··_+.	<u>+</u>		†	+	+	+	1+	+	+	+	+	• +	• +	• +	+
+	+	+	ŀ	+			+	- '	******* +	<b>*</b> +							+		-	÷				+	+	+	+	-		+					+	+	-	+ +		+										+1	6.0	<b>}</b> **	u <b>la</b> ik	) m	+	··-+·	<u>۔ جر</u>	+	•*م		<b>_</b> +	+	• +	• +	• +	
+			F	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+			1	+	+	+	+		+	+		L .	+	+	+	+	+	4			+ +		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	/ +	-	4	+	+	+		11		. +	+				+
									•	1																														k2 İ															Ľ.					ewin D	II '				4	2116
+	+	+	ł	+			+	14	THE WALF	ai-							+			+				+		+	+	-		+					+	+	-	+ +		+														+	+			+	1		+	(and the	+ <del>کر</del>	•	<b>a a la</b>	1
+	+	- +	F	+	+	+	+	. (	69	4	+	+	+	+	+	+	+	• +	-	÷	+	+	+	+		+	+	-	+ •	+	+	+	+	+	+	- +		+ +		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	\angl	r_994	+	+	1	2.	e +	+	+	• +			+
									-																																																		-							
+	+	+	F	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	• +	-	t	+	+	+	+	*	+	+	-	+ ·	+	+	+	+	+	+			+ +		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	• +	• •		+
+	+	+	ŀ				+		+	+							+		-	÷				+	¥.	+	+	-		+					+	- 🛃		+ +		+								+						+	+			- of	<b>0</b> 4 +	+	n s <b>asji</b> t	t.a7 +	• +	•	yana	<b>1</b> 1
			-	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	+	+					_	+	+	+	+	+		<u> </u>					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+					
				1			1								T	T		T															Т	T							T	T		- T	T		Ŧ	T	T	T	T	T	Ŧ			T	T	Т	Ŧ	T	T					
+	+	+	ŀ	+			+		+	+							+			+				+		+	+	-		+					+	+	-	+ +		+													+	ł	+	+		+		+	+	+	• +	• +	• +	
+	+	+	+		+	+	+		+	+							+			÷	+		+	+		+	+			+	+				+	+		+ +									+	+	+	+			+	4	+	+		+		+	+	+	• +			+
																																																						т												
+	+	+	-	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	• +		Ť	+	+	+	+		+	+	-		t	+	+	+	+	+	+		+ +		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	• +	+	+	+
+	+	+	ŀ	+			+		+	+							+			+	+			+		+	+	-		+					+	+	-	+ +															+	+	+	+		+		+	+	+	• +	• +	• +	
			-	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+						+	+	+	+						-	+	+	+	+						+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+	+		+	-					
							1																	Ť,													un.																							Ŧ	T					
+	+	+	ŀ	+			+		+	+							+			t			+	+		+	+	-		+					+	+	-	+ +									+	+	+	+								+		+	+	+	• +	• +	• +	
+	+	+	ŀ	+			+		+	+							+			÷	+			+		+	+	-		+			+	+	+	+	-	+ +										+						+				+		+	+	+	• +	• +	• +	
+	+	+		+	+	+	+		Ŧ	÷	+	+	+	+	+	+	+	- +		Ť	+	+	+	+		+	+	-		Ŧ	÷	+	+	+	+	+		+ +		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	• +	+	+	+
+	+	+	ŀ				+		+	+							+			+	+			+		+	+	-		+					+	+	-	+ +		_ H	(er		a k	+	₽	rq	d↓e	s y <sub>4</sub>	Uл	Π <sub>Ψ</sub>	et	81	tу	+	1/4			+		+	+	+	• +	• +	• +	
			-	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	+	+		+	+			+	+	+	+	+				+ +		- T C 5	n je ZF	F-n	Aur	d.M	L.	a e :	Ve	s tue	5 P+	dut.	B	្ន	G	Hэ		+	+	+	+	+	+					
	4	1		ľ	-	T	1			'					T	Ŧ	4	Ŧ					T	ľ			Ŧ							Ŧ	1	1				; (	Ĵĥa	ir a	ie.	Pu	mp	8	ίM <sub>α</sub>	ato	b i	na	Ň	e t	WO	rk	Ŧ	Ŧ	T	Ŧ	Ŧ	Ŧ	Ŧ	4	4	1	1	
+	+	+	ł	+			+		+	+							+			+				+		+	+	-		+					+	+	-	+ +		+	+	+3	+	+	÷	+	+	+	+	. +	+	+	÷	+				+		+	+	+	• +	• +	• +	
+	+	+	÷				+		+	+							+	. +		÷	+			÷	+	+	+			+					+	1 most	<b>.</b>	+ +													+			+				+		+	+	+	. +			
																								I.	-											(A)	1																													
+	+	+	-	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	• +		t	+	+	+	+	6.1	+	+	-	-	Ŧ	+	+	+	+	+	14	4	+ +		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	• +	• •	• •	+
+	+	+	ŀ	+			+		+	+							+	• +		÷	+				-		+	-		+		+			+	- +		+ +		+	+	+												+				+		+	+	+	• +	• +	• +	
	· + + + + + + + + + + + + + + + + + + +	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	* * * * * * * * * * * * * * * * * * *	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·																	······································			······································		··-·-·-·-·-·-·-·-·-·-·-·-·-·-·-·-·-·-·	_·-·		·-·-·		··					+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +		+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	Mitchell Pericak - Bradley University '17 Senior Project + Paseive RF Energy Warvesbert at 5.8 GHa" + + +	Mitchell Perioak - Bradley University '17 Senior Project	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre>Mitchell.Pericak = Bradley, University '17,</pre>
<u>, + , + , + , + , + , + , + , + , + , +</u>		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·																······································	······································	······································				······································	—·—·—·—· <b>—</b> ·—·—·—·		·-····		··					+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre> * * * * * * * * * * * * * * * * * * *</pre>	<pre> * * * * * * * * * * * * * * * * * * *</pre>	<pre> + + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +		+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·																	······································	······································		······································		······································	_·-·_·		· — · — · <del>-</del> · — · — · — · — · - · - · - · - · - · -	—·· <b>·················</b> ·················	··-·-·-·-·-·-·-·-·-·					+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre> * * * * * * * * * * * * * * * * * * *</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre> * * * * * * * * * * * * * * * * * * *</pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	Image: State of the state	<pre></pre>
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· + + + + + + + + + + + + + + + + + + +		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	* * * * * * * * * * * * * * * * * * *	* * * * * * * * * * * * * * * * * * *			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·																		······································		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		······································	—·—·—·—· <b>—</b> ·—·—·—·—·—·		· — · — · <del>_</del> · — · — · — · — · — · · _ · _ · _ · _ · _ · _ · _ · _ ·	—· <b>-</b> ·-·-·	··				$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre> + + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre> + + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre> + + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>
																								Image: Constrained and the second of the																$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	<pre> + + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre> + + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>
												+       +			+       +	-       -					+       +	+         +	+       +	•       •	*         *	+       +	+       +		+       +		+         +	+       +	+         +	+         +	+         +	t         t	**-+       *	.         .	<pre></pre>				+       +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+       +	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	<pre> + + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre> + + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre>     t + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>
																																										+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	<pre>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre> + + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre> + + + + + + + + + + + + + + + + + + +</pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>	<pre></pre>



+	+	+	+	t	+	+	+	÷.	÷	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	٠	Quinq	•14r	<b>+</b>	+ 14	- 400	· <b>*</b> +	٠	<del>\$+</del> -	Newq	NP	+	Titas	+	-1.00	ante-		\$+∢	+	1)1756	<b>**</b> -+	+	Taihib	+	1.000	AP-30	+ 1	7462	+			-h san	ana.			+ <	+-
+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	.ang18_7 +	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	8	t,	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ļ	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2	Mis	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	anets_c	,+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	8	đ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	U <sub>+</sub>	+	+	+ ,	ander_c	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+、		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+,	+	±+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+	Ŧ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	÷	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	Mit Ser #Po Boo	tech nic	1÷1	+   P r	Per oie	ie) of	a 14	—+ E	3 r+a	d∔e	y+ C	J <del>n</del> −i	ve i	'a-ì	ty	'+1'	7+	+	+	+	<b>±</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	4°P<	3 3 3 3	34V 4 4	6+ I	ŘĒ.	Ēņ	e pag	iy+F	lar t	V es	t⊫er	+ d	t+ 5	i +8	£I	1 <b>2</b> +"	+	+	+	÷١	onetr_11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+



## Testing

- Boards came in, waiting on capacitors to arrive.
- Test will consist of no antennas with transmission line from the signal generator into the circuit, allowing an easy variation of input power.
- Board with shortened microstrip is expected to perform the best.
- Efficiency will be analyzed at the end.

#### Future Work

- Optimization of microstrip lengths to have lowest input power with highest voltage and current output.
- Research into a matching network that improves the circuit.
- Power sensors and small devices to show a true proof of concept.

#### References

- Sanchez, Sergio, Tyler Hoge and Elie Baliss. *Wireless Power Transfer System*. Senior Project. Peoria: Bradley University, 2014. Report.
- Vyas, Rushi, et al. "E-WEHP: A Batteryless Embedded Sensor-Platform Wirelessly Powered From Ambient Digital-TV Signals." *IEEE Transactions On Microwave Theory and Technique* (2013): 2491-2505. IEE Article.
- White, Brandon. *RF TO DC CONVERTER*. Senior Project. Peoria: Bradley University, 2016. Report.

# Passive RF Energy Harvester at 5.8 GHz

MITCHELL PERICAK '17 BRADLEY UNIVERSITY DEPT. OF ELECTRICAL ENGINEERING

ADVISORS: DR. BRIAN HUGGINS & DR. PRASAD SHASTRY



**BRADLEY** University Department of Electrical and Computer Engineering